

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Кафедра «Общая и теоретическая физика»

В.А. Сарафанова

# **ФИЗИКА**

## **Часть 2. Электричество и магнетизм.**

Учебно-методическое пособие  
для студентов заочной формы обучения

Тольятти  
2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие предназначено для организации работы студентов заочного обучения при изучении курса физики.

Курс физики совместно с курсами математики и теоретической механики составляет основу теоретической подготовки инженеров и играет роль фундаментальной базы, без которой невозможна успешная деятельность инженера.

Основные задачи курса физики:

1) создание основ теоретической подготовки в области физики, позволяющей будущим инженерам ориентироваться в потоке научной и технической информации;

2) формирование основ научного мышления, правильного понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или научных методов исследования;

3) усвоение основных физических явлений и законов классической и современной физики;

4) овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики;

5) ознакомление с лабораторным оборудованием и формирование навыков проведения физического эксперимента и оценки погрешности измерений.

После прохождения курса физики студент должен:

**знать** основные законы физики и их следствия в объёме излагаемого курса;

**уметь** применять изученные законы физики к анализу и решению конкретных инженерных задач.

Основной учебный материал программы курса физики в пособии распределен на два раздела: «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны. Оптика. Атом. Ядро». В каждом из них даны основные формулы, примеры решения задач и задачи для выполнения контрольных работ. Кроме того, в пособии даны общие методические указания, сведения о приближенных вычислениях и некоторые справочные данные.

Пособие разработано для студентов-заочников, но будет также полезно для студентов всех специальностей дневной и вечерней формы обучения.

## **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТУ-ЗАОЧНИКУ**

Для студентов инженерно-технических специальностей заочного отделения занятия по дисциплине «Физика» проводятся в соответствии с учебным планом.

Аудиторная работа студентов под руководством преподавателя осуществляется в соответствии с расписанием в рамках обзорных лекций, практических и лабораторных занятий.

В самостоятельную работу студентов входит более глубокое изучение теоретического материала и выполнение контрольных работ.

### **Лекции**

Лекции носят по преимуществу обзорный характер. Их цель – обратить внимание на общую схему изложения материала, подчеркнуть важнейшие места, указать практическое приложение теоретического материала. Кроме этого, на лекциях могут быть рассмотрены более подробно отдельные вопросы программы, отсутствующие или недостаточно полно освещенные в рекомендуемой литературе.

### **Практические занятия**

На практических занятиях студенты овладевают приемами и методами решения конкретных физических задач из различных областей физики. На занятиях преподаватель разбирает примеры решения типовых задач по темам, выносимым на экзамен, объясняет правила оформления результатов решения.

### **Лабораторные занятия**

На лабораторных занятиях студенты знакомятся с современным лабораторным оборудованием, вырабатывают начальные навыки проведения экспериментальных исследований различных физических явлений и оценки погрешности измерений.

Отчет по выполненной лабораторной работе оформляется в тетради, куда студент заносит измерения, соответствующие расчеты и ответы в письменном виде на контрольные вопросы. Лабораторная работа считается зачтенной, если на титульном листе отчета стоит подпись преподавателя.

### **Самостоятельное изучение теории**

В межсессионный период студент самостоятельно изучает теоретический материал рабочей программы, используя рекомендуемую литературу (см. библиографический список). При изучении материала по учебнику полезно вести конспект, в который рекомендуется вписывать определения физических

величин, формулы, законы, единицы измерения, формулировки основных законов и теорем.

Рекомендуется переходить к следующему вопросу только после правильного понимания и усвоения предыдущего. На полях конспекта следует отмечать вопросы, которые необходимо выяснить на консультациях по данной дисциплине.

### **Контрольные работы**

Одной из форм самостоятельной работы студента заочной формы обучения является контрольная работа.

До начала экзаменационной сессии студент должен самостоятельно выполнить и сдать контрольную работу. Перед выполнением контрольных работ ему необходимо изучить соответствующие разделы курса физики по предложенным источникам (см. библиографический список) и по данному пособию. В пособии приведены основные формулы, примеры решения типовых задач и сами задачи.

Контрольные работы выполняются в соответствии с требованиями, приведенными ниже. Работы, выполненные без соблюдения этих требований, не засчитываются и возвращаются студенту.

Контрольные работы сдаются на проверку преподавателю. При проверке преподаватель пишет замечания, объясняя, почему задача не зачтена. Незачтенные контрольные работы возвращаются студенту на доработку. Исправления необходимо делать в конце этой же тетради. Контрольная работа с исправлениями сдается на повторную проверку преподавателю.

Зачтенные контрольные работы передаются экзаменатору.

## Требования к выполнению и оформлению контрольных работ

1. Контрольная работа пишется в соответствии со своим вариантом. Номер варианта определяется по двум последним цифрам номера зачетки или студенческого билета. Так как всего 25 вариантов контрольных работ, то номер, оканчивающийся на 26, подразумевает номер варианта 1 или, если номер зачетки 98, то номер варианта 23 ( $98-25-25-25=23$ ).
2. Варианты контрольных работ приведены ниже в таблицах 1 и 2.
3. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради.
4. Условия задач в контрольной работе надо переписывать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради надо оставлять поля.
5. В конце контрольной работы желательно указать, какой учебник (учебное пособие) использовался при изучении физики (название учебника, автор, год издания). Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.
6. Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями. В тех случаях, когда это возможно, дать чертеж.
7. Решать задачу надо в общем виде, то есть выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
8. После получения расчетной формулы для проверки правильности ее следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена не верно.
9. Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ. В РФ, согласно Государственному стандарту (ГОСТ 8.417-81), обязательна к применению Система Интернациональная (СИ), которая строится на семи основных единицах - метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль, кандела - и двух дополнительных - радиан и стерадиан. Для установления производных единиц используют физические законы, связывающие их с основными единицами. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.
10. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой и соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записывать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \cdot 10^{-3}$  и т.п.

11. Окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
12. На обложке тетради, в которой выполнена контрольная работа, привести сведения по следующему образцу:

Тольяттинский государственный университет

Контрольная работа по физике № 2

Вариант 14

Выполнил: студент группы АХЗ-1101

Киселев Алексей Васильевич

Зачетная книжка № 2011004325

Тольятти 2014

### **Консультации**

Если в процессе работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, то он может обратиться за консультацией к лектору.

Консультации по физике проводятся в соответствии с расписанием консультаций в деканате заочного отделения.

### **Экзамен**

К экзамену по физике допускается студент, у которого зачтены контрольная и лабораторные работы. Тетрадь с зачтенной контрольной работой находится у преподавателя. Тетрадь с зачтенными лабораторными работами студент сам приносит на экзамен.

Экзамен сдается по экзаменационным билетам. В билете содержится два теоретических вопроса и задача.

Экзамен проводится в течение одной пары. В течение 1 часа студент пишет письменно ответы на вопросы билета. Далее в присутствии студента экзаменационная работа проверяется преподавателем. В случае необходимости студент устно поясняет свои ответы. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

Экзамен проводится в сессию по расписанию.

Если студент по каким-либо причинам не смог сдать экзамен в сессию по расписанию, то он может это сделать в часы консультаций по физике в соответствии с расписанием консультаций в деканате заочного отделения.

Для студентов-заочников, изучающих физику в течении 3-х семестров  
(группы МСбз-1201, ЭЭТбз-1201)

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Вариант	Номера задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	401	426	451	476	501	526	551	576	601	626
2	402	427	452	477	502	527	552	577	602	627
3	403	428	453	478	503	528	553	578	603	628
4	404	429	454	479	504	529	554	579	604	629
5	405	430	455	480	505	530	555	580	605	630
6	406	431	456	481	506	531	556	581	606	631
7	407	432	457	482	507	532	557	582	607	632
8	408	433	458	483	508	533	558	583	608	633
9	409	434	459	484	509	534	559	584	609	634
10	410	435	460	485	510	535	560	585	610	635
11	411	436	461	486	511	536	561	586	611	636
12	412	437	462	487	512	537	562	587	612	637
13	413	438	463	488	513	538	563	588	613	638
14	414	439	464	489	514	539	564	589	614	639
15	415	440	465	490	515	540	565	590	615	640
16	416	441	466	491	516	541	566	591	616	641
17	417	442	467	492	517	542	567	592	617	642
18	418	443	468	493	518	543	568	593	618	643
19	419	444	469	494	519	544	569	594	619	644
20	420	445	470	495	520	545	570	595	620	645
21	421	446	471	496	521	546	571	596	621	646
22	422	447	472	497	522	547	572	597	622	647
23	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648
24	424	449	474	499	524	549	574	599	624	649
25	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650

### Раздел 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

#### ЗАДАЧИ

##### Закон Кулона, напряженность, потенциал, принцип суперпозиции

**401.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды, на расстоянии  $a$  левее заряда  $q_1$ .

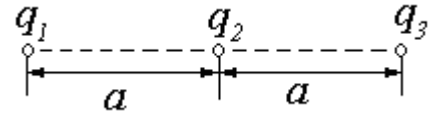


Рис. 1

**402.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды, посередине между зарядами  $q_1$  и  $q_2$ .

**403.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды, посередине между зарядами  $q_2$  и  $q_3$ .

**404.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_3$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды, на расстоянии  $a$  правее заряда  $q_3$ .

**405.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. К линии, соединяющей все заряды проведен перпендикуляр от заряда  $q_1$ . Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на этом перпендикуляре на расстоянии  $a$  от заряда  $q_1$ .

**406.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл (см. рис.1). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. К линии, соединяющей все заряды проведен перпендикуляр от заряда  $q_2$ . Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на этом перпендикуляре на расстоянии  $a$  от заряда  $q_2$ .

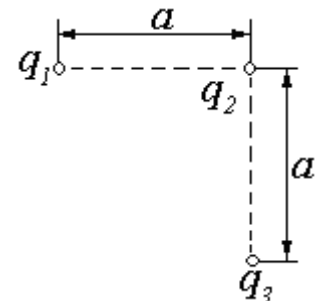


Рис. 2

**407.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл (см. рис.2). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды  $q_1$  и  $q_2$ , на расстоянии  $a$  левее заряда  $q_1$ . Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ .



**408.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл (см. рис.2). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_1$  и  $q_2$ . Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ .

**409.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл (см. рис.2). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_2$  и  $q_3$ . Найти силу, действующую на заряд  $q_3$ .

**410.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл (см. рис.2). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на линии, соединяющей заряды  $q_1$  и  $q_2$ , на расстоянии  $a$  правее заряда  $q_2$ . Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ .

**411.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл (см. рис.2). Расстояние между зарядами  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_1$  и  $q_3$ .

**412.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл, расположенные в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см (см. рис.3). Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ , напряженность и потенциал поля в точке  $A$ .

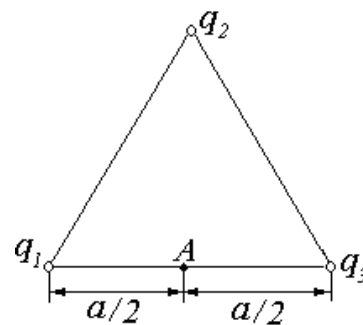


Рис. 3

**413.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл, расположенные в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см (см. рис.3). Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ , напряженность и потенциал поля в точке  $A$ .

**414.** Даны три точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл, расположенные в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см (см. рис.3). Найти силу, действующую на заряд  $q_3$ , напряженность и потенциал поля в точке  $A$ .

**415.** Даны три точечных заряда  $q_1 = -1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = -3$  нКл, расположенные в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см. Найти силу, действующую на заряд  $q_1$  напряженность и потенциал поля в центре этого треугольника.

**416.** В вершинах равностороннего треугольника расположены одинаковые положительные заряды  $q_1 = q_2 = q_3 = 2$  нКл. Какой отрицательный заряд  $q_0$  нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?

**417.** Даны четыре точечных заряда  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 5$  нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной  $a=10$  см (см. рис.4). Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_1$  и  $q_2$ .

**418.** Даны четыре точечных заряда  $q_1 = q_2 = 5$  нКл  $q_3 = q_4 = -5$  нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной  $a=10$  см (см. рис.4). Найти силу, действующую на заряд  $q_2$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_2$  и  $q_3$ .

**419.** Даны четыре точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл,  $q_4 = 4$  нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной  $a=10$  см (см. рис.4). Найти силу, действующую на заряд  $q_3$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_3$  и  $q_4$ .

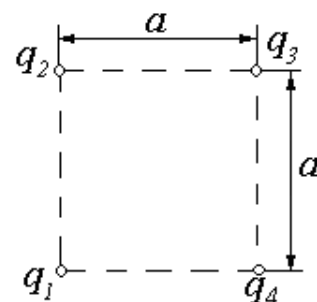


Рис. 4

**420.** Даны четыре точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = -2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл,  $q_4 = -4$  нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной  $a=10$  см (см. рис.4). Найти силу, действующую на заряд  $q_4$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной посередине между зарядами  $q_1$  и  $q_4$ .

**421.** Даны четыре точечных заряда  $q_1 = 1$  нКл,  $q_2 = 2$  нКл,  $q_3 = 3$  нКл,  $q_4 = 4$  нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной  $a=10$  см (см. рис.4). Найти силу, действующую на заряд  $q_1$ , напряженность и потенциал поля в точке, расположенной в центре квадрата.

**422.** В вершинах квадрата (см. рис.4) находятся одинаковые заряды  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 8$  нКл. Какой отрицательный заряд  $q_0$  нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

**423.** В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a=10$  см расположены точечные заряды  $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$ , где  $q = 1$  нКл. Найти силу, действующую на точечный заряд  $q_0 = q$ , лежащий на пересечении диагоналей шестиугольника.

**424.** В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a=10$  см расположены точечные заряды  $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$ , где  $q = 1$  нКл. Найти напряженность и потенциал в точке, расположенной на пересечении диагоналей шестиугольника.

**425.** В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a=10$  см расположены точечные заряды  $q_1 = q_2 = q_3 = 2$  нКл,  $q_4 = q_5 = q_6 = -2$  нКл. Найти напряженность и потенциал в точке, расположенной в центре шестиугольника.

## Расчет полей методом дифференцирования-интегрирования

**426.** Тонкий полубесконечный стержень (см. рис.5) равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\tau=1$  нКл/м. В точке  $A$ , расположенной на продолжении оси стержня на расстоянии  $r_0=10$  см от его конца, находится точечный заряд  $q_1=2$  нКл. Определить силу взаимодействия стержня и точечного заряда  $q_1$ .

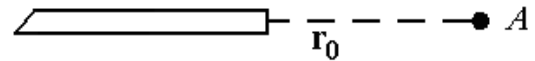


Рис. 5

**427.** Тонкий полубесконечный стержень (см. рис.5) равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\tau=1$  нКл/м. Определить напряженность поля стержня в точке  $A$ , расположенной на продолжении оси стержня на расстоянии  $r_0=10$  см от его конца.

**428.** Тонкий стержень длиной  $L=20$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=200$  нКл/м (см. рис.6). В точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $r_0=10$  см от конца стержня на продолжении его оси, находится точечный заряд  $q_1=3$  нКл. Определить силу взаимодействия стержня и точечного заряда  $q_1$ .

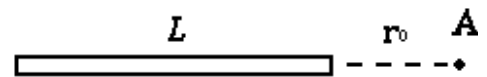


Рис. 6

**429.** Тонкий стержень длиной  $L=15$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=300$  нКл/м (см. рис.6). Найти напряженность поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_0=10$  см от конца стержня на продолжении его оси.

**430.** Тонкий стержень длиной  $L=25$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=100$  нКл/м (см. рис.6). Найти потенциал поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_0=10$  см от конца стержня на продолжении его оси.



Рис. 7

**431.** Тонкий стержень длиной  $L=5$  см равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\tau=100$  нКл/м (см. рис.7). В точке  $A$ , расположенной на перпендикуляре к стержню, проходящем через один его конец, на расстоянии  $r_0=5$  см, находится точечный заряд  $q_1=3$  нКл. Определить силу взаимодействия стержня и точечного заряда  $q_1$ .

**432.** Тонкий стержень длиной  $L=20$  см равномерно заряжен с линейной плотностью заряда  $\tau=200$  нКл/м (см. рис.7). Найти напряженность поля в точке  $A$ , которая отстоит от стержня на расстоянии  $r_0=10$  см и находится на перпендикуляре, проходящем через один из концов стержня.

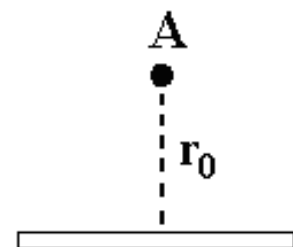


Рис. 8

**433.** Тонкий стержень длиной  $L=20$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=300$  нКл/м (см. рис.8). В точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $r_0=10$  см от стержня, находится точечный заряд  $q_1=2$  нКл. Заряд равноудален от

концов стержня. Определить силу взаимодействия точечного заряда  $q_1$  с заряженным стержнем.

**434.** Тонкий стержень длиной  $L=15$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=200$  нКл/м (см. рис.8). Определить напряженность поля в точке  $A$ , равноудаленной от концов стержня и находящейся на расстоянии  $r_0=4$  см от стержня.

**435.** Тонкий стержень длиной  $L=20$  см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau=200$  нКл/м (см. рис.8). Определить потенциал поля в точке  $A$ , равноудаленной от концов стержня и находящейся на расстоянии  $r_0=10$  см от стержня.

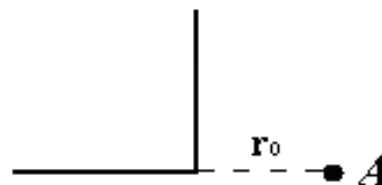


Рис. 9

**436.** Тонкая бесконечная нить согнута под углом  $90^\circ$ . Нить несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau=1$  мкКл/м (см. рис.9). В точке  $A$ , расположенной на продолжении одной из сторон и удаленной от вершины угла на  $r_0=50$  см, находится точечный заряд  $q_1=0,2$  мкКл. Определить силу, действующую на заряд  $q_1$ .

**437.** Тонкая бесконечная нить согнута под углом  $90^\circ$  (см. рис.9). Нить несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau=1$  мкКл/м. Определить напряженность поля в точке, расположенной на продолжении одной из сторон и удаленной от вершины угла на  $r_0=50$  см.

**438.** Тонкая нить длиной 20 см согнута пополам под углом  $90^\circ$  (см. рис.9). Нить несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью  $\tau=1$  мкКл/м. Определить потенциал поля в точке, расположенной на продолжении одной из сторон и удаленной от вершины угла на  $r_0=10$  см.

**439.** Тонкое полукольцо радиусом  $R=20$  см заряжено равномерно зарядом  $q=2$  мкКл (см. рис.10). В точке  $O$ , расположенной в центре кривизны полукольца, находится точечный заряд  $q_1=40$  нКл. Определить силу взаимодействия полукольца и заряда.

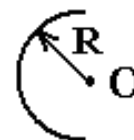


Рис. 10

**440.** Тонкое полукольцо радиусом  $R=20$  см заряжено равномерно зарядом  $q=2$  мкКл (см. рис.10). Определить напряженность поля в центре кривизны заряженного полукольца.

**441.** Тонкое полукольцо радиусом  $R=20$  см заряжено равномерно зарядом  $q=2$  мкКл (см. рис.10). Определить потенциал поля в центре кривизны заряженного полукольца.

**442.** Тонкая нить, изогнутая по дуге окружности радиуса  $R$ , заряжена с линейной плотностью заряда  $\tau=10$  нКл/м. Определить потенциал электрического поля, создаваемого нитью в точке  $O$ , совпадающей с центром кривизны дуги. Длина нити равна  $1/3$  длины окружности.

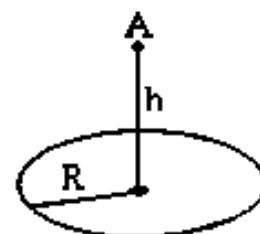


Рис. 11

**443.** Тонкое кольцо радиуса  $R=20$  см равномерно заряжено зарядом  $q=2$  нКл (см. рис.11). В точке  $A$ , расположенной на оси кольца на расстоянии  $h=10$  см от его центра, находится точечный заряд  $q_1=0,2$  мКл. Определить силу, действующую на точечный заряд.

**444.** Тонкое кольцо радиусом  $R=20$  см равномерно заряжено зарядом  $q=2$  нКл (см. рис.11). Найти напряженность поля в точке  $A$ , расположенной на оси кольца на расстоянии  $h=10$  см от его центра.

**445.** Тонкое кольцо радиусом  $R=5$  см равномерно заряжено зарядом  $q=10$  нКл (см. рис.11). Найти потенциал электростатического поля 1) в центре кольца; 2) в точке  $A$ , расположенной на оси, проходящей через центр кольца, на расстоянии  $h=10$  см от его центра.

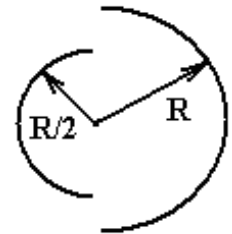


Рис. 12

**446.** Электрическое поле создано двумя равномерно заряженными с линейными плотностями  $\tau_1=\tau_2=10$  мКл/м нитями, изогнутыми в виде полуколец, расположенных в одной плоскости (см. рис.12). Считая радиусы полуколец  $R$  и  $R/2$  ( $R=2$  см), найти модуль и направление вектора напряженности поля в центре окружностей.

**447.** Электрическое поле создано двумя равномерно заряженными с линейными плотностями  $\tau_1=\tau_2=10$  мКл/м нитями, изогнутыми в виде полуколец, расположенных в одной плоскости (см. рис.12). Считая радиусы полуколец  $R$  и  $R/2$ , найти потенциал поля в центре окружностей.

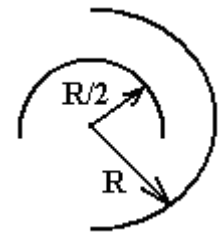


Рис. 13

**448.** Электрическое поле создано двумя равномерно заряженными с линейными плотностями  $\tau_1=\tau_2=10$  мКл/м нитями, изогнутыми в виде полуколец, расположенных в одной плоскости (см. рис.13). Считая радиусы полуколец  $R$  и  $R/2$  ( $R=2$  см), найти модуль и направление вектора напряженности поля в центре окружностей.

**449.** Электрическое поле создано двумя равномерно заряженными с линейными плотностями  $\tau_1=\tau_2=10$  мКл/м нитями, изогнутыми в виде полуколец, расположенных в одной плоскости (см. рис.13). Считая радиусы полуколец  $R$  и  $R/2$  ( $R=2$  см), найти потенциал поля в центре окружностей.

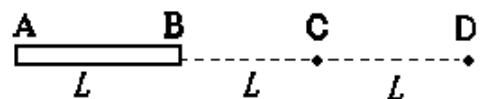


Рис. 14

**450.** На отрезке прямого провода  $AB$  равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau=1$  мКл/м (см. рис.14). Определить работу сил поля по перемещению заряда  $q=1$  нКл из точки  $C$  в точку  $D$ .  $AB=BC=CD=L$ .

### Расчет полей с помощью теоремы Гаусса

**451.** Найти поток вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность радиуса  $R=2$  см, в центре которой находится точечный заряд  $q=6$  мКл. Чему будет равен поток вектора напряженности

электростатического поля, если: а) поверхность сферы заменить кубом того же объема, что и сфера; б) заряд сместить из центра сферы, оставив его внутри сферы; в) вне сферы поместить второй такой же заряд; г) внутрь сферы поместить второй такой же заряд?

**452.** В вершинах куба со стороной  $a$  расположены точечные заряды  $q_i = 5$  нКл. Найти поток вектора напряженности электростатического поля через поверхность сферы радиусом: а)  $a/2$ ; б)  $2a$ , концентричной с центром куба.

**453.** Определить поток вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды  $q_1 = 5$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл.

**454.** Рассчитать напряженность поля бесконечного равномерно заряженного с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 2$  нКл/м<sup>2</sup> цилиндра радиусом 3 см на расстоянии 1,5 см от его поверхности.

**455.** Рассчитать напряженность поля бесконечного равномерно заряженного с линейной плотностью  $\tau = 9$  нКл/м цилиндра радиусом 3 см на расстояниях 5 см и 2 см от его центра.

**456.** На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $q = 2$  нКл. Определить напряженность и потенциал электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 10$  см от центра сферы; 2) на поверхности сферы; 3) на расстоянии  $r_2 = 20$  см от центра сферы. Построить графики зависимости напряженности и потенциала от расстояния  $E(r)$  и  $\varphi(r)$ .

**457.** Вычертить графики зависимости напряженности поля  $E$  и потенциала  $\varphi$  от расстояния  $r$  до центра шара для следующего случая: металлический шар с радиусом 10 см имеет заряд 6 нКл и окружен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ , причем диэлектрик простирается до сферы радиуса 20 см.

**458.** Два длинных тонких провода, расположенных параллельно на расстоянии  $d = 8$  см друг от друга, равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью  $\tau_1 = 2$  нКл/м и  $\tau_2 = -4$  нКл/м. Определить напряженность поля в точке, лежащей в плоскости симметрии на расстоянии  $h = 4$  см от плоскости, в которой лежат провода.

**459.** Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно одноименными зарядами с поверхностной плотностью соответственно  $\sigma_1 = 2$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 4$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями; 2) за пределами плоскостей. Построить график изменения модуля напряженности поля вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

**460.** Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно разноименными зарядами с поверхностной плотностью  $\sigma_1 = -1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 2$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями;

2) за пределами плоскостей. Построить график изменения проекции вектора напряженности поля на координатную ось, перпендикулярную плоскостям.

**461.** Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами радиусами  $R_1 = 5$  см и  $R_2 = 8$  см. Заряды сфер соответственно равны  $q_1 = 2$  нКл и  $q_2 = -1$  нКл. Определить напряженность электростатического поля в точках, лежащих от центра сфер на расстояниях: 1)  $r_1 = 3$  см; 2)  $r_2 = 6$  см; 3)  $r_3 = 10$  см. Построить график зависимости напряженности от расстояния  $E(r)$ .

**462.** Внутренний цилиндрический проводник длинного прямолинейного коаксиального провода радиусом  $R_1 = 1,5$  мм заряжен с линейной плотностью  $\tau_1 = 0,20$  нКл/м. Внешний цилиндрический проводник этого провода радиусом  $R_2 = 3$  мм заряжен с линейной плотностью  $\tau_2 = -0,15$  нКл/м. Пространство между проводниками заполнено резиной с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 3$ . Определить напряженность электростатического поля в точках: 1)  $r_1 = 1$  мм; 2)  $r_2 = 2$  мм; 3)  $r_3 = 5$  мм.

**463.** Две длинные прямые параллельные нити находятся на расстоянии  $d = 5$  см друг от друга. На нитях равномерно распределены заряды с линейными плотностями  $\tau_1 = -5$  нКл/см и  $\tau_2 = 10$  нКл/см. Определить напряженность электрического поля в точке, удаленной от первой нити на расстоянии  $r_1 = 3$  см и от второй на расстоянии  $r_2 = 4$  см.

**464.** На некотором расстоянии от бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 0,1$  нКл/см<sup>2</sup> расположена круглая пластинка. Плоскость пластинки составляет с линиями напряженности угол  $30^\circ$ . Определите поток вектора напряженности через эту пластинку, если ее радиус  $r = 15$  см.

**465.** Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами радиусами  $R_1 = 5$  см и  $R_2 = 10$  см. Заряды сфер соответственно равны  $q_1 = 2$  нКл и  $q_2 = 6$  нКл. Пространство между сферами заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 3$ . Определить напряженность электростатического поля в точках, лежащих от центра сфер на расстояниях: 1)  $r_1 = 3$  см; 2)  $r_2 = 6$  см; 3)  $r_3 = 15$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

**466.** Внутренний цилиндрический проводник длинного прямолинейного коаксиального провода радиусом  $R_1 = 1,5$  см заряжен с линейной плотностью  $\tau_1 = 20$  нКл/м. Внешний цилиндрический проводник этого провода радиусом  $R_2 = 3$  см заряжен с линейной плотностью  $\tau_2 = 15$  нКл/м. Пространство между проводниками заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . Определить напряженность электростатического поля в точках: 1)  $r_1 = 1$  см; 2)  $r_2 = 2$  см; 3)  $r_3 = 5$  см.

**467.** Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими цилиндрами радиусами  $R_1 = 5$  см и  $R_2 = 10$  см. Поверхностная плотность заряда

цилиндров соответственно  $\sigma_1 = 2 \text{ нКл/м}^2$ ,  $\sigma_2 = -4 \text{ нКл/м}^2$ . Пространство между цилиндрами заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . Определить напряженность электростатического поля в точках: 1)  $r_1 = 1 \text{ см}$ ; 2)  $r_2 = 8 \text{ см}$ ; 3)  $r_3 = 15 \text{ см}$ .

**468.** Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими цилиндрами радиусами  $R_1 = 5 \text{ мм}$  и  $R_2 = 10 \text{ мм}$ . Поверхностная плотность заряда цилиндров соответственно  $\sigma_1 = 2 \text{ мкКл/м}^2$ ,  $\sigma_2 = 4 \text{ мкКл/м}^2$ . Пространство между цилиндрами заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . Определить напряженность электростатического поля в точках: 1)  $r_1 = 1 \text{ мм}$ ; 2)  $r_2 = 8 \text{ мм}$ ; 3)  $r_3 = 15 \text{ мм}$ .

**469.** Найти силу, действующую на заряд  $q = 2 \text{ нКл}$ , если заряд помещен на расстоянии  $r = 2 \text{ см}$  от 1) заряженной нити с линейной плотностью заряда  $\tau = 0,2 \text{ мкКл/м}$ ; 2) заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 20 \text{ мкКл/м}^2$ ; 3) от поверхности заряженного шара с радиусом  $R = 2 \text{ см}$  и поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 20 \text{ мкКл/м}^2$ . Диэлектрическая проницаемость среды  $\varepsilon = 6$ .

**470.** Электростатическое поле создано точечным зарядом  $q = -6 \text{ нКл}$  и находящейся на расстоянии  $50 \text{ см}$  от заряда равномерно заряженной с линейной плотностью заряда  $\tau = 2 \text{ нКл/м}$  бесконечной нитью. Найти поток вектора напряженности этого поля через круглую площадку радиусом  $R = 3 \text{ см}$ , расположенную на расстоянии  $20 \text{ см}$  от точечного заряда вдоль перпендикуляра, соединяющего точечный заряд с нитью. Нормаль к площадке составляет  $30^\circ$  с перпендикуляром.

**471.** Электростатическое поле создано точечным зарядом  $q = 4 \text{ мкКл}$  и бесконечно длинной равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = -20 \text{ мкКл/м}^2$  цилиндрической поверхностью радиусом  $0,5 \text{ см}$ . Расстояние между точечным зарядом и центром цилиндрической поверхности  $50 \text{ см}$ . Найти поток вектора напряженности этого поля через квадратную площадку со стороной  $a = 2 \text{ см}$ , расположенную на расстоянии  $20 \text{ см}$  от точечного заряда вдоль перпендикуляра, соединяющего точечный заряд с центром цилиндрической поверхности. Нормаль к площадке составляет  $60^\circ$  с перпендикуляром.

**472.** Электростатическое поле создано точечным зарядом  $q = 3 \text{ мкКл}$  и равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 20 \text{ мкКл/м}^2$  сферой радиусом  $5 \text{ см}$ . Расстояние между точечным зарядом и центром сферы  $50 \text{ см}$ . Найти поток вектора напряженности этого поля через квадратную площадку со стороной  $a = 2 \text{ см}$ , расположенную на расстоянии  $20 \text{ см}$  от точечного заряда вдоль перпендикуляра, соединяющего точечный заряд с центром сферы. Нормаль к площадке составляет  $45^\circ$  с перпендикуляром.

**473.** Электростатическое поле создано бесконечной равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 15 \text{ нКл/м}^2$  плоскостью и находящейся на расстоянии  $30 \text{ см}$  равномерно заряженной с линейной



плотностью заряда  $\tau = -20$  нКл/м бесконечной нитью. Найти поток вектора напряженности этого поля через круглую площадку радиусом  $R = 4$  мм, расположенную на расстоянии 10 см от плоскости вдоль перпендикуляра, соединяющего плоскость с нитью. Нормаль к площадке составляет  $30^\circ$  с перпендикуляром.

**474.** Заряд равномерно распределен по объему шара радиусом  $R = 10$  см из непроводящего материала с объемной плотностью  $\rho = 6$  нКл/м<sup>3</sup>. Найти напряженность и потенциал поля в точках, расположенных на расстояниях  $r_1 = 4$  см и  $r_2 = 12$  см от центра шара. Построить график зависимости  $E = E(r)$ .

**475.** К бесконечной равномерно заряженной вертикальной плоскости подвешен на нити одноименно заряженный шарик массой  $m = 50$  мг и зарядом  $q = 0,6$  нКл. Натяжение нити, на которой висит шарик,  $N = 0,7$  мН. Найти поверхностную плотность  $\sigma$  заряда на плоскости.

### Градиент потенциала. Работа ЭСП

**476.** В точке, удаленной от заряда на 6 см, потенциал поля  $\varphi = 12$  В. Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке.

**477.** Электрическое поле создано точечным зарядом. В точке, удаленной от заряда на 12 см, потенциал поля равен  $\varphi = -24$  В. Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке.

**478.** Найти вектор напряженности электростатического поля и его модуль, если потенциал этого поля имеет вид:  $\varphi = 5x + 8y^2 - 4z^3$ .

**479.** Найти вектор напряженности электростатического поля и его модуль, если потенциал этого поля имеет вид:  $\varphi = 2x - 7y^2 + 3z^3$ .

**480.** Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, заряженной равномерно с поверхностной плотностью  $\sigma = 5$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить числовое значение и направление градиента потенциала этого поля.

**481.** Электростатическое поле создается бесконечным цилиндром радиусом 12 мм, равномерно заряженным с поверхностной плотностью  $\sigma = 20$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $r_1 = 2$  мм и  $r_2 = 8$  мм от поверхности этого цилиндра.

**482.** Две параллельные плоскости, заряженные с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -0,8$  мкКл/м<sup>2</sup>, находятся на расстоянии  $d = 0,6$  см друг от друга. Определить разность потенциалов между плоскостями.

**483.** Электрическое поле образовано бесконечно длинной нитью, заряженной с линейной плотностью  $\tau = 20$  пКл/м. Определить разность потенциалов  $\Delta\varphi$  двух точек поля, отстоящих от нити на расстоянии  $r_1 = 8$  см и  $r_2 = 12$  см.

**484.** Поле образовано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 40$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность

потенциалов двух точек поля, отстоящих от плоскости на  $r_1 = 15$  см и  $r_2 = 20$  см.

**485.** Электрическое поле создается шаром радиусом  $R = 10$  см, равномерно заряженным с объемной плотностью  $\rho = 15$  нКл/м<sup>3</sup>. Определите разность потенциалов между точками, лежащими внутри шара на расстояниях  $r_1 = 3$  см и  $r_2 = 7$  см от его центра.

**486.** Определите линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда  $q = 2$  нКл с расстояния  $r_1 = 3$  см до  $r_2 = 1,5$  см в направлении, перпендикулярном нити, равна 30 мкДж.

**487.** Электростатическое поле создается бесконечным цилиндром радиусом 8 мм, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau = 10$  нКл/м. Найти работу по перемещению точечного заряда  $q = 2$  нКл из точки, отстоящей от поверхности цилиндра на расстоянии  $r_1 = 15$  мм, в точку, отстоящую от поверхности этого цилиндра на расстоянии  $r_2 = 25$  мм.

**488.** Электростатическое поле создано двумя одинаковыми положительными точечными зарядами  $q$  (см. рис.15). Найти работу сил поля  $A_{12}$  по перемещению заряда  $q_0 = 10$  нКл из точки 1 с потенциалом  $\varphi_1 = 300$  В в точку 2.

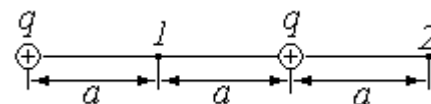


Рис. 15

**489.** Пылинка массой  $m = 20$  мг, несущая на себе заряд  $q = 40$  нКл, влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов  $U = 200$  В пылинка имела скорость  $V = 10$  м/с. Определить скорость  $V_0$  пылинки до того, как она влетела в поле.

**490.** Электрон, обладавший кинетической энергией  $W_k = 10$  эВ, влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов  $U = 8$  В?

**491.** Определить работу  $A_{12}$  по перемещению заряда  $q_0 = 50$  нКл из точки 1 в точку 2 (см. рис.16) в поле, созданном двумя зарядами, модуль которых равен 1 мкКл и  $a = 0,1$  м.

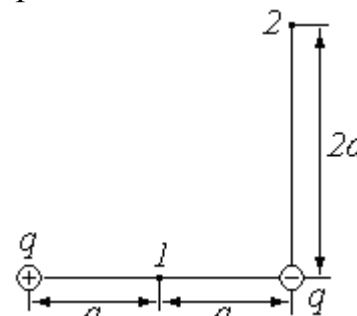


Рис. 16

**492.** Найти отношение скоростей ионов  $Cu^{++}$  и  $K^+$ , прошедших одинаковую разность потенциалов.

**493.** Электрон с энергией  $W_k = 400$  эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом  $R = 10$  см. Определить минимальное расстояние  $d$ , на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее  $q = -10$  нКл.

**494.** Пылинка массой  $m=5$  нг, несущая на себе  $N=10$  электронов прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов  $U=1$  МВ. Какова кинетическая энергия  $W_k$  пылинки? Какую скорость  $V$  приобрела пылинка?

**495.** Ион атома лития  $Li^+$  прошел разность потенциалов  $U_1 = 400$  В, ион атома натрия  $Na^+$  - разность потенциалов  $U_2 = 300$  В. Найти отношение скоростей этих ионов.

**496.** Электрическое поле создано равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 5$  нКл/м<sup>2</sup> сферой радиусом  $R = 6$  см. Найти работу по перемещению точечного заряда  $q = 2$  нКл из точки, отстоящей от центра сферы на расстоянии  $r_1 = 10$  см в точку на расстоянии  $r_2 = 15$  см.

**497.** До какого расстояния  $r$  могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью  $V_0 = 10^6$  м/с?

**498.** Два шарика с зарядами  $q_1 = 8$  нКл и  $q_2 = 12$  нКл находятся на расстоянии  $r_1 = 40$  см. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния  $r_2 = 25$  см?

**499.** При бомбардировке неподвижного ядра калия  $\alpha$ -частицей сила отталкивания между ними достигла  $F=100$  Н. На какое наименьшее расстояние приблизилась  $\alpha$ -частица к ядру атома калия? Какую скорость  $V$  имела  $\alpha$ -частица вдали от ядра? Влиянием электронной оболочки атома калия пренебречь.

**500.** Точечные заряды  $q_1 = 1$  мкКл и  $q_2 = 0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1 = 10$  см друг от друга. Какую работу совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние: 1)  $r_2 = 10$  м; 2)  $r_3 = \infty$ ?

### Емкость. Конденсаторы, соединение конденсаторов. Энергия ЭСП.

**501.** Определить емкость плоского конденсатора с двумя слоями диэлектриков: фарфора толщиной  $d_1=2$  мм, диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_1=6$  и эбонита толщиной  $d_2=1,5$  мм, диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_2=2,6$ , если площадь пластин  $100$  см<sup>2</sup>.

**502.** Определить расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов  $U=150$  В, причем площадь каждой пластины  $S=100$  см<sup>2</sup>, ее заряд  $q=10$  нКл. Диэлектриком служит слюда  $\varepsilon=7$ .

**503.** Определить емкость сферического конденсатора с радиусами обкладок  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ), который заполнен диэлектриком с проницаемостью, изменяющейся по закону  $\varepsilon = a/r^2$ , где  $a=\text{const}$ ,  $r$  - расстояние от центра конденсатора.

**504.** Два одинаковых плоских конденсатора подключены к источнику  $U$ . Пространство между пластинами конденсаторов заполнено слоями диэлектриков одинаковой толщины с диэлектрическими проницаемостями  $\varepsilon_1$  и

$\varepsilon_2$ . В одном конденсаторе пластины расположены параллельно обкладкам, во втором - перпендикулярно. Во сколько раз отличаются емкости этих конденсаторов?

**505.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков: слоем стекла  $\varepsilon_1 = 6$  толщиной  $d_1 = 0,2$  см и слоем парафина  $\varepsilon_2 = 2$  толщиной  $d_2 = 0,3$  см. Разность потенциалов между обкладками  $U = 300$  В. Определить напряженность поля и падение потенциала в каждом из слоев.

**506.** Расстояние между обкладками плоского конденсатора равно  $d$  и заполнено двумя слоями диэлектриков. Толщина слоя первого диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_1$  равна  $h_1$ . Диэлектрическая проницаемость второго диэлектрика равна  $\varepsilon_2$ . Площадь каждой обкладки равна  $S$ . Найти емкость  $C$  конденсатора.

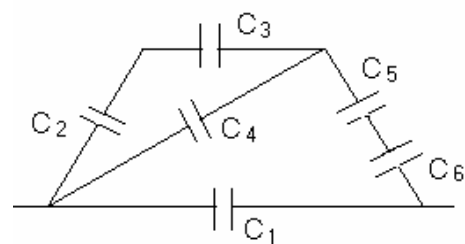


Рис. 17

**507.** Найти общую емкость батареи конденсаторов (см. рис.17). Емкость каждого конденсатора равна 4 пФ.

**508.** К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>; расстояние между ними  $d_1 = 1,5$  мм. Пластины раздвинуты до расстояния  $d_2 = 15$  мм. Найти энергию  $W_1$  и  $W_2$  конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением: 1) отключался; 2) не отключался.

**509.** Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин  $S = 500$  см<sup>2</sup> подключен к источнику тока, ЭДС которого  $\varepsilon = 300$  В. Определить работу внешних сил по раздвижению пластин от расстояния  $d_1 = 1$  см до  $d_2 = 3$  см в двух случаях: 1) пластины перед раздвижением отключаются от источника тока; 2) пластины в процессе раздвижения остаются подключенными к нему.

**510.** Найти общую емкость батареи конденсаторов (см. рис.18). Емкость каждого конденсатора равна 5 пФ.

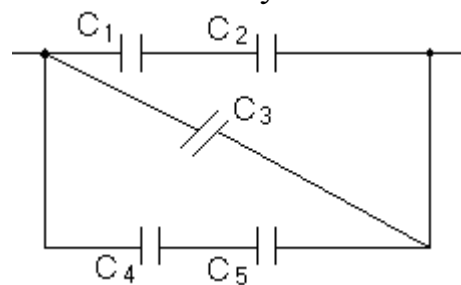


Рис. 18

**511.** К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d = 1,5$  мм. После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли парафин ( $\varepsilon = 2$ ). Определить разность потенциалов  $U_2$  между пластинами после внесения диэлектрика. Определить также емкости конденсатора  $C_1$  и  $C_2$  до и после внесения диэлектрика.

**512.** Найти общую емкость батареи конденсаторов (см. рис.19). Емкость каждого конденсатора равна 2 пФ.

**513.** Емкость батареи конденсаторов, образованной двумя последовательно соединенными конденсаторами,  $C=100$  пФ, а заряд  $q=20$  нКл. Определить емкость второго конденсатора, а также разности потенциалов на обкладках каждого конденсатора, если  $C_1=300$  пФ.

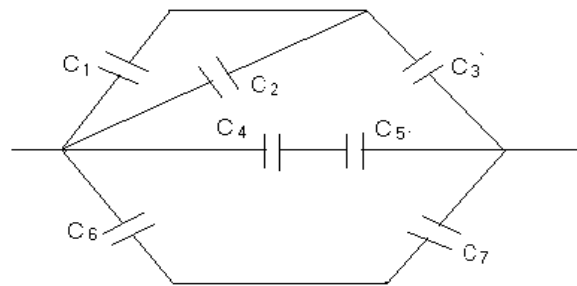


Рис. 19

**514.** Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью  $C=100$  пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить, на сколько изменится емкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином  $\epsilon=2$ .

**515.** Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $R=10$  см каждая. Расстояние между пластинами  $d=2$  мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения  $U=80$  В. Определите заряд и напряженность поля конденсатора, если диэлектриком будет: а) воздух; б) стекло ( $\epsilon = 7$ ).

**516.** Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно в батарею, которая подключена к источнику тока с ЭДС 12 В. Определите на сколько изменится напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в трансформаторное масло  $\epsilon = 2,2$ .

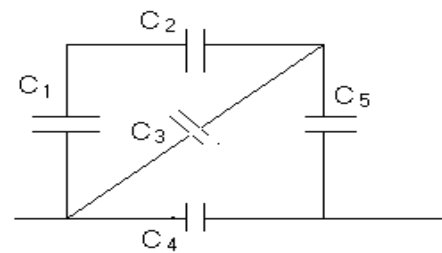


Рис. 20

**517.** Найти общую электроёмкость батареи конденсаторов (см. рис.20). Электроёмкость каждого конденсатора равна 3 пФ.

**518.** Плоский конденсатор имеет емкость 600 пФ. Насколько она изменится, если ввести между обкладками параллельно им медный лист, толщина которого равна  $1/4$  расстояния между обкладками? Будет ли влиять на результат положение листа?

**519.** Определить силу, с которой пластины плоского конденсатора, притягивают друг друга. Площадь пластин конденсатора  $S=100$  см<sup>2</sup>, заряд на обкладках  $q=10^{-8}$  Кл. Между пластинами конденсатора диэлектрик - парафин с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ .

**520.** Плоский конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U=1$  кВ. Расстояние  $d$  между пластинами равно 1 см. Диэлектрик - стекло ( $\epsilon = 6$ ). Определить объемную плотность энергии поля конденсатора.

**521.** Металлический шар радиусом  $R=3$  см несет заряд  $q=20$  нКл. Шар окружен слоем парафина ( $\epsilon = 2$ ) толщиной  $d=2$  см. Определить энергию электрического поля заключенного в слое диэлектрика.

**522.** Два металлических шарика радиусом  $R_1=5$  см и  $R_2=10$  см имеют: первый - заряд  $q_1=40$  нКл, второй - заряд  $q_2=-20$  нКл. Найти энергию  $W$ , которая выделится, если шары соединить проводником.

**523.** Заряд  $q = 0,1$  нКл равномерно распределен по объёму шара радиуса  $r=1,00$  см. Определить: а) энергию  $W$  поля, связанного с шаром, б) энергию  $W_1$ , заключенную внутри шара, в) энергию  $W_2$ , заключенную в окружающем пространстве. Диэлектрическую проницаемость вне и внутри шара принять равной единице.

**524.** Найти общую ёмкость батареи конденсаторов (см. рис.21). Ёмкость каждого конденсатора равна  $4$  пФ.

**525.** Плоский конденсатор с площадью пластин  $S=200$  см<sup>2</sup> каждая заряжен до разности потенциалов  $U=2$  кВ. Расстояние между пластинами  $d=2$  см. Диэлектрик - стекло ( $\epsilon = 6$ ). Определить энергию  $W$  поля конденсатора и плотность  $\omega$  энергии поля.

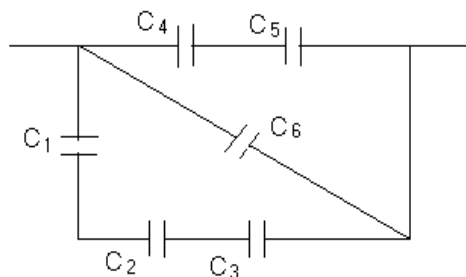


Рис. 21

### Постоянный электрический ток. Сила тока, сопротивление, соединение резисторов. Закон Ома.

**526.** Цепь составлена из девяти проводников, образующих шестиугольник с диагоналями, исходящими из одной и той же вершины (см. рис.22). Сопротивление каждого из проводов равно  $r$ . Определить сопротивление всей цепи между точками  $A$  и  $B$ .

**527.** Цепь составлена из девяти проводников, образующих шестиугольник с диагоналями, исходящими из одной и той же вершины (см. рис.22). Сопротивление каждого из проводов равно  $r$ . Определить сопротивление всей цепи между точками  $A$  и  $C$ .

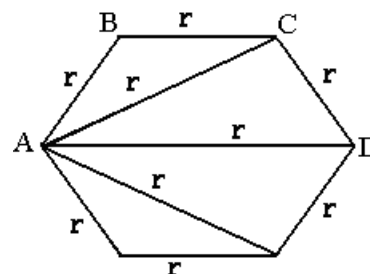


Рис. 22

**528.** Цепь составлена из девяти проводников, образующих шестиугольник с диагоналями, исходящими из одной и той же вершины (см. рис.22). Сопротивление каждого из проводов равно  $r$ . Определить сопротивление всей цепи между точками  $A$  и  $D$ .

**529.** В цепи амперметр показывает силу тока  $I=1,5$  А. Сила тока через сопротивление  $R_1$  равна  $I_1=0,5$  А. Сопротивления:  $R_2=2$  Ом;  $R_3=6$  Ом (см. рис.23). Определить сопротивление  $R_1$ , а также силу токов  $I_2$  и  $I_3$ , протекающих через сопротивления  $R_2$  и  $R_3$ .

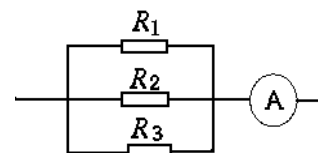


Рис. 23

**530.** Определить суммарный заряд, прошедший по проводнику с сопротивлением  $15$  Ом при равномерном нарастании напряжения на концах проводника от  $2$  В до  $13$  В в течение  $10$  секунд.

**531.** Сила тока в проводнике меняется со временем по закону  $I=I_0\sin\omega t$ . Найти заряд  $q$ , протекающий через поперечное сечение проводника за половину периода  $T$ , если амплитудное значение силы тока  $I_0=10$  А, циклическая частота  $\omega=50\pi$  с<sup>-1</sup>.

**532.** Определить общее сопротивление цепи между точками  $A$  и  $B$  (см. рис.24). Сопротивление каждого резистора равно 2 Ом.

**533.** Определить число электронов, проходящих в секунду через единицу площади поперечного сечения железной проволоки длиной  $l=20$  м при напряжении на ее концах  $U=16$  В. Удельное сопротивление железа  $8,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**534.** Определить сопротивление проводника, по которому при равномерном нарастании напряжения на концах проводника от 3 В до 9 В в течение 10 секунд прошел суммарный заряд 12 Кл.

**535.** При внешнем сопротивлении  $R_1=8$  Ом сила тока в цепи  $I_1=0,8$  А, при сопротивлении  $R_2=15$  Ом сила тока  $I_2=0,5$  А. Определить силу тока  $I_{кз}$  короткого замыкания источника ЭДС.

**536.** Определить общее сопротивление цепи между точками  $A$  и  $B$  (см. рис.25). Сопротивление каждого резистора равно 5 Ом.

**537.** Шаровой слой, образованный концентрическими сферами из идеального проводника, заполнен веществом с удельным сопротивлением  $\rho$ . Чему равно сопротивление  $R$  этого шарового слоя, если его внутренний радиус  $R_1$ , а внешний  $R_2$ ?

**538.** В схеме  $R_2=20$  Ом,  $R_3=15$  Ом и сила тока, текущего через сопротивление  $R_2$ , равна 0,3 А. Амперметр показывает 0,8 А (см. рис.26). Найти сопротивление  $R_1$ .

**539.** Батарея включена на сопротивление  $R_1=10$  Ом и дает ток силой  $I_1=3$  А. Если ту же батарею включить на сопротивление  $R_2=20$  Ом, то сила тока будет  $I_2=1,6$  А. Найти ЭДС  $\varepsilon$  и внутреннее сопротивление батареи  $r$ .

**540.** Сопротивление проволоки  $R_1=98$  Ом. Ее разрезали на несколько равных частей и соединили эти части параллельно, вследствие чего сопротивление стало равно  $R_2=2$  Ом. На сколько частей разрезали проволоку?

**541.** Найти сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба, при включении его в цепь между точками 1-7 (см. рис.27), если сопротивление ребра куба равно  $r$ .

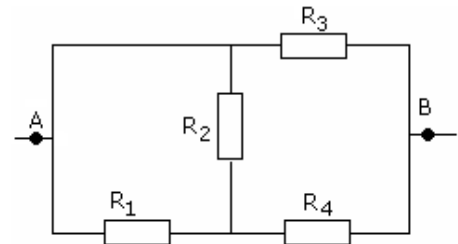


Рис. 24

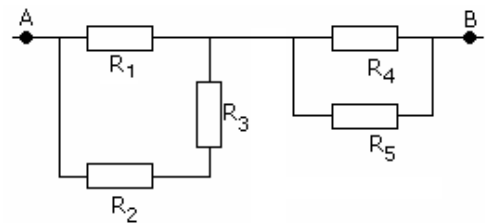


Рис. 25

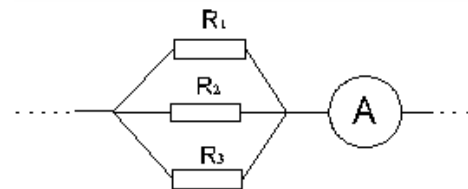


Рис. 26

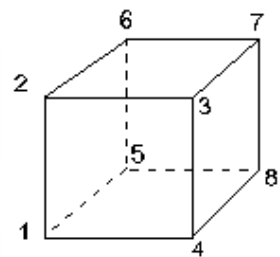


Рис. 27

**542.** Найти сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба, при включении его в цепь между точками 1-2 (см. рис.27), если сопротивление ребра куба равно  $r$ .

**543.** Найти сопротивление проволочного каркаса, имеющего форму куба, при включении его в цепь между точками 1-3 (см. рис.27), если сопротивление ребра куба равно  $r$ .

**544.** Вычислить сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$  (см. рис.28), если при подключении источника с напряжением  $U = 220$  В падения напряжений на этих резисторах равны  $U_2 = 30$  В и  $U_3 = 20$  В соответственно.  $R_1 = 10$  Ом,  $R_4 = 15$  Ом.

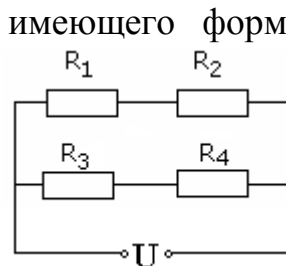


Рис. 28

**545.** Определить, какой ток создает электрон, вращающийся вокруг ядра в атоме водорода, если радиус его орбиты принять равным  $r = 5,3 \cdot 10^{-9}$  см.

**546.** Определить общее сопротивление цепи между точками  $A$  и  $B$  (см. рис.29), если  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом,  $R_5 = 5$  Ом,  $R_6 = 6$  Ом.

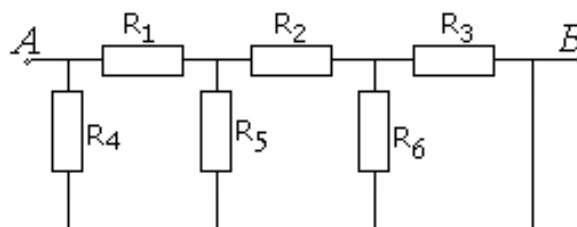


Рис. 29

**547.** Какое количество электричества пройдет через поперечное сечение проводника за время от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 5$  с, если ток в проводнике меняется по закону:  $I = 4 + 2t$ ? При каком постоянном токе  $I_0$  через поперечное сечение проводника за то же время пройдет такое же количество электричества?

**548.** Какое напряжение показывает вольтметр (см. рис.30), сопротивлением  $R_V = 2$  кОм, если ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 100$  В,  $R_1 = 100$  Ом,  $R_2 = 200$  Ом,  $R_3 = 300$  Ом? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

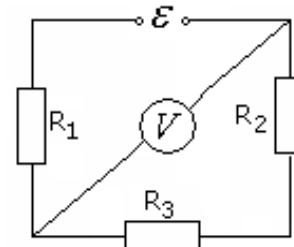


Рис. 30

**549.** Сколько витков нихромовой проволоки диаметром  $d = 1$  мм надо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом  $r = 5$  см, чтобы получить печь сопротивлением 60 Ом.

**550.** Электрическая цепь составлена из четырех кусков провода одной и той же длины и сделанных из одинакового материала, соединенных последовательно. Сечение кусков различно:  $S_1 = 1$  мм<sup>2</sup>,  $S_2 = 2$  мм<sup>2</sup>,  $S_3 = 3$  мм<sup>2</sup>,  $S_4 = 4$  мм<sup>2</sup>. Разность потенциалов на концах цепи  $U = 100$  В. Определить падение напряжения на каждом проводнике.

### Закон Джоуля-Ленца. Работа тока. Мощность тока. Правила Кирхгофа

**551.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 10$  Ом меняется со временем по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$ . Начальная сила тока  $I_0 = 20$  А,  $\alpha = 10^2$  с<sup>-1</sup>. Определить теплоту, выделившуюся в проводнике за время  $t = 10^{-2}$  с.



**552.** Ток в проводнике сопротивлением  $R=10$  Ом за время  $t=50$  с равномерно нарастает от  $I_1=5$  А до  $I_2=10$  А. Определить теплоту  $Q$ , выделившуюся за это время в проводнике.

**553.** Какую максимальную силу тока можно пропустить в течение 5 с через свинцовый предохранитель, поперечное сечение которого  $1 \text{ мм}^2$ , а начальная температура  $27^\circ\text{C}$ . ( $C=126 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ ;  $\lambda=2,26\cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{кг}$ ;  $t_{\text{плав}}=327^\circ\text{C}$ ;  $\rho=1,13\cdot 10^4 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{эл}}=2,2\cdot 10^{-7} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ).

**554.** В приведенной схеме (см. рис.31)  $\varepsilon_1=1$  В,  $\varepsilon_2=2$  В,  $\varepsilon_3=3$  В,  $r_1=r_2=r_3=0,2$  Ом,  $R_1=5$  Ом,  $R_2=10$  Ом,  $R_3=15$  Ом,  $R_a=12$  Ом. Какую силу тока показывает амперметр?

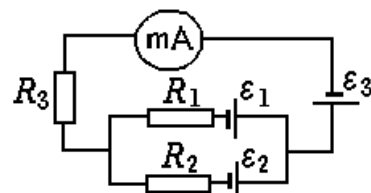


Рис. 31

**555.** ЭДС батареи  $\varepsilon=80$  В, внутреннее сопротивление  $r=5$  Ом. Внешняя цепь потребляет мощность  $P=100$  Вт. Определить силу тока  $I$  в цепи, напряжение  $U$ , под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление  $R$ .

**556.** На рисунке 32 изображена схема, в которой  $R_1=R$ ,  $R_2=2R$ ,  $R_3=3R$ ,  $R_4=4R$ ,  $U_0$ ,  $C$ . Найдите заряд на конденсаторе.

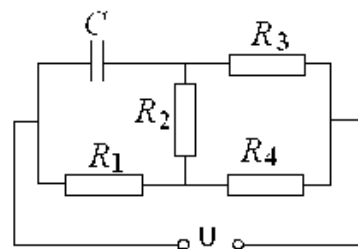


Рис. 32

**557.** От источника с напряжением  $\varepsilon=100$  кВ требуется передать на расстояние  $l=5$  км мощность  $P=5000$  кВт. Допустимая потеря напряжения в проводах 1%. Рассчитать минимальное сечение  $S$  медного провода, пригодного для этой цели. Удельное сопротивление меди  $\rho=1,7\cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

**558.** ЭДС батареи  $\varepsilon=12$  В. При силе тока  $I=4$  А КПД батареи  $\eta=0,6$ . Определить внутреннее сопротивление  $r$  батареи.

**559.** Определить силы токов на всех участках электрической цепи (см. рис.33), если  $\varepsilon_1=8$  В,  $\varepsilon_2=12$  В,  $R_1=1$  Ом,  $R_2=1$  Ом,  $R_3=4$  Ом,  $R_4=2$  Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

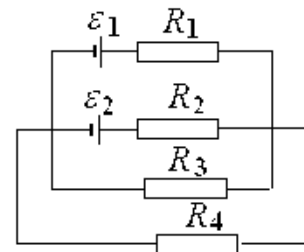


Рис. 33

**560.** Намотка в электрической кастрюле состоит из двух одинаковых секций. Сопротивление каждой секции 20 Ом. Через сколько времени закипит 2,2 л воды, если: 1) включена одна секция; 2) обе секции включены последовательно; 3) обе секции включены параллельно? Начальная температура воды  $16^\circ\text{C}$ , напряжение в сети 220 В, КПД нагревателя 85%, плотность воды  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплоемкость  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .

**561.** Определить силу тока  $I_3$  в проводнике сопротивлением  $R_3$  и напряжение  $U_3$  на концах этого проводника (см. рис.34), если  $\varepsilon_1=6$  В,  $\varepsilon_2=8$  В,  $R_1=4$  Ом,  $R_2=8$  Ом,  $R_3=6$  Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

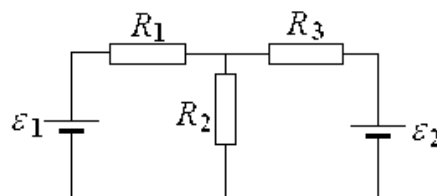


Рис. 34

**562.** От батареи, ЭДС которой  $\varepsilon=600$  В, требуется передать энергию на расстояние  $l=1$  км. Потребляемая мощность  $P=5$  кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных подводящих проводов  $d=0,5$  см.

**563.** Вычислить работу сил стационарного электрического поля, совершаемую за 10 секунд над свободными зарядами в медном проводнике длиной 50 см, с поперечным сечением  $1 \text{ мм}^2$ , если плотность тока  $10 \text{ А/мм}^2$ . Удельное сопротивление меди  $\rho=1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

**564.** Три сопротивления  $R_1=6 \text{ Ом}$ ,  $R_2=3 \text{ Ом}$ ,  $R_3=2 \text{ Ом}$ , а также источник тока  $\varepsilon_1=2,2 \text{ В}$  соединены, как показано на рисунке 35. Определить ЭДС источника, который надо подключить в цепь между точками  $A$  и  $B$ , чтобы в проводнике сопротивлением  $R_3$  протекал ток силой  $I_3=1 \text{ А}$  в направлении, указанном стрелкой. Сопротивлением источников тока пренебречь.

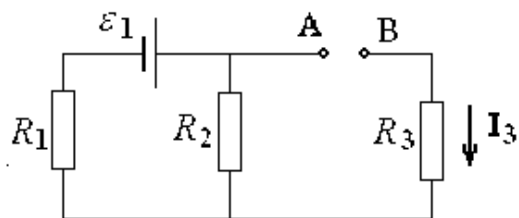


Рис. 35

**565.** Обкладкам конденсатора емкости  $C=2 \text{ мкФ}$  сообщаются разноименные заряды величины  $q_0=1 \text{ мКл}$ . Затем обкладки замыкаются через сопротивление  $R=5 \text{ кОм}$ . Найти: а) закон изменения тока, текущего через сопротивление, б) заряд  $q$ , прошедший через сопротивление за 2 мс, в) количество тепла  $Q$ , выделившееся в сопротивлении за то же время.

**566.** Мост Уитстона (см. рис.36) находится в равновесии, т.е. сила тока, идущего через гальванометр равна нулю. Найти силу тока в отдельных ветвях моста.  $R_1=30 \text{ Ом}$ ,  $R_2=45 \text{ Ом}$ ,  $R_3=200 \text{ Ом}$ . ЭДС генератора 2 В. Сопротивлением генератора пренебречь.

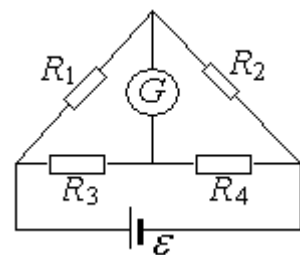


Рис. 36

**567.** В проводнике за время  $t=10 \text{ с}$  при равномерном возрастании тока от  $I_1=1 \text{ А}$  до  $I_2=2 \text{ А}$  выделилась теплота  $Q=5 \text{ кДж}$ . Найти сопротивление  $R$  проводника.

**568.** По проводнику сопротивлением  $R=8 \text{ Ом}$  течет равномерно возрастающий ток. За время  $t=8 \text{ с}$  в проводнике выделилось теплота  $Q=500 \text{ Дж}$ . Определить заряд  $q$ , протекший за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, ток в проводнике был равен нулю.

**569.** ЭДС батареи  $\varepsilon=24 \text{ В}$ . Наибольшая сила тока, которую может дать батарея,  $I_{\text{max}}=10 \text{ А}$ . Определить максимальную мощность  $P_{\text{max}}$ , которая может выделяться во внешней цепи.

**570.** Между обкладками сферического конденсатора, радиусы которых  $r_1$  и  $r_2$  поддерживается постоянная разность потенциалов  $U$ . Пространство между обкладками заполнено однородной средой с удельной проводимостью  $\gamma$ , вычислить сопротивление между обкладками, силу тока и мощность тепловых потерь.

**571.** Два источника тока  $\varepsilon_1 = 12$  В с внутренним сопротивлением  $r_1 = 4$  Ом и  $\varepsilon_2 = 8$  В с внутренним сопротивлением  $r_2 = 2$  Ом, а также реостат сопротивлением  $R = 20$  Ом соединены, как показано на рисунке 37. Определить силы тока в реостате и в источниках тока.

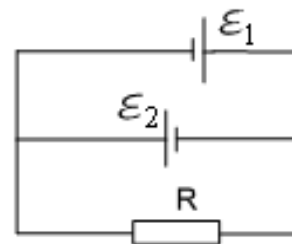


Рис. 37

**572.** Конденсатору емкостью  $C$  сообщили заряд  $q_0$  и затем в момент  $t = 0$  его замкнули на сопротивление  $R$ . Найти зависимость от времени количества теплоты, выделившейся на сопротивлении.

**573.** Электрический чайник, содержащий 0,5 л воды при температуре  $9^\circ\text{C}$ , забыли выключить. Сопротивление нагревателя чайника  $R = 16$  Ом. Через какое время после включения вода в чайнике выкипит? Напряжение в сети  $U = 220$  В, КПД нагревателя  $\eta = 60\%$ .

**574.** Три источника с ЭДС  $\varepsilon_1 = 6$  В,  $\varepsilon_2 = 12$  В,  $\varepsilon_3 = 4$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1 = r_2 = r_3 = 0,5$  Ом и три реостата с сопротивлениями  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 15$  Ом соединены, как показано на рисунке 38. Определить силы токов в реостатах.

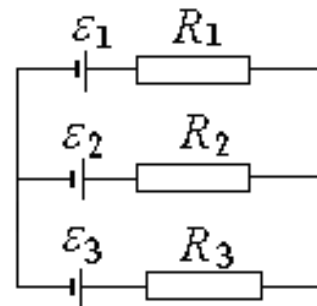


Рис. 38

**575.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 15$  Ом равномерно убывает от значения  $I_1 = 5$  А до  $I_2 = 0$  в течение времени  $t = 10$  с. Определить теплоту  $Q$ , выделившуюся в этом проводнике за указанный промежуток времени.

### Расчет В. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока.

**576.** Найти индукцию магнитного поля в точке  $A$  (см. рис.39).  $I_1 = I_2 = 1$  А. Расстояние от проводника с током  $I_1$  до точки  $A$   $a = 4$  см, от проводника с током  $I_2$  -  $b = 2$  см.

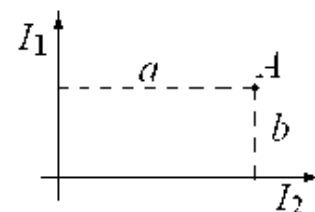


Рис. 39

**577.** По двум бесконечно длинным прямым, параллельным проводам, находящимся на расстоянии 10 см друг от друга в вакууме, текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А одинакового направления. Определить магнитную индукцию поля, создаваемого токами в точках, лежащих на прямой, соединяющей оба провода, если: а) точка  $A$  лежит на расстоянии  $r_1 = 2$  см левее левого провода; б) точка  $C$  лежит на расстоянии  $r_2 = 3$  см правее правого провода; в) точка  $D$  лежит на расстоянии  $r_3 = 4$  см правее левого провода.

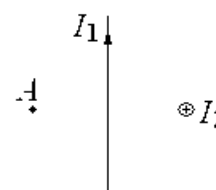


Рис. 40

**578.** Определить индукцию магнитного поля в точке  $A$  (см.рис.40).  $I_1 = I_2 = 10$  А. Расстояние между проводниками и расстояние от  $I_1$  до точки  $A$  равно  $a = 1$  м.

**579.** По двум длинным прямолинейным проводам, находящимся на расстоянии  $r=5$  см друг от друга в воздухе текут токи силой 10 А каждый. Определить магнитную индукцию поля, создаваемого в точке, лежащей посередине между проводами, для случаев: а) провода параллельны, токи в одном направлении; б) провода параллельны, токи в разных направлениях, в) провода перпендикулярны.

**580.** Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой 50 А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R=10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию поля, создаваемого этим током, в случаях, изображенных на рисунке 41.

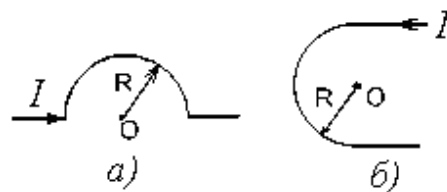


Рис. 41

**581.** Определить магнитную индукцию  $\vec{B}$  поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного прямого проводника в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии  $R=4$  см от его середины. Длина отрезка проводника равна 20 см, а сила тока в нем  $I=10$  А.

**582.** Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой 50 А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R=10$  см. (см. рис.42) Определить в точке  $O$  магнитную индукцию поля, создаваемого этим током.

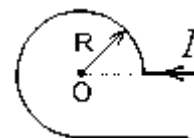


Рис. 42

**583.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d=15$  см, текут токи  $I_1=70$  А и  $I_2=50$  А в противоположных направлениях. Определить магнитную индукцию в точке  $A$ , удаленной на  $r_1=20$  см от первого и  $r_2=30$  см от второго проводника.

**584.** Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой 50 А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R=10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию поля, создаваемого этим током, в случаях, изображенных на рисунке 43.

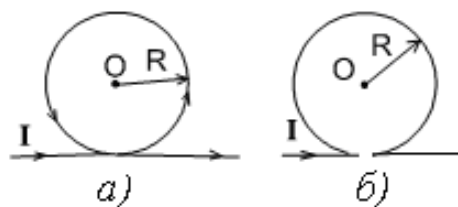


Рис. 43

**585.** Определить магнитную индукцию поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной  $a=15$  см, если по рамке течет ток  $I=5$  А.

**586.** Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой 50 А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R=10$  см (см. рис.44). Определить в точке  $O$  магнитную индукцию поля, создаваемого этим током.

**587.** Определить магнитную индукцию поля в центре проволочной прямоугольной рамки со сторонами  $a=10$  см,  $b=20$  см, если по рамке течет ток  $I=5$  А.



Рис. 44



**588.** По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Напряженность магнитного поля в центре окружности  $H_1=50$  А/м. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определить напряженность  $H_2$  магнитного поля в точке пересечения диагоналей этого квадрата.

Рис. 45

**589.** Ток  $I=10$  А течет по полой тонкостенной трубе радиусом 5 см и возвращается по проводнику, проложенному по оси трубы (см. рис.45). Выбрать метод расчета и рассчитать магнитное поле на расстояниях  $r_1=2$  см и  $r_2=6$  см от оси трубы, которую считать бесконечно длинной.

**590.** Ток в 20 А идет по длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Найти магнитную индукцию поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии 10 см.

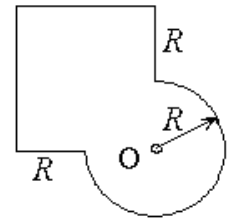


Рис. 46

**591.** Ток  $I=3$  А течет по тонкому проводнику, изогнутому как показано на рисунке. Найти магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ . Необходимые данные ( $R=5$  см) указаны на рисунке 46.

**592.** По сплошному бесконечному цилиндрическому проводнику радиуса  $R=1$  см течет ток плотностью  $j=2$  А/м<sup>2</sup>. Рассчитать магнитное поле внутри проводника на расстоянии  $r_1=0,6$  см от оси и вне проводника на расстоянии  $r_2=2$  см от его оси.

**593.** По сечению проводника равномерно распределен ток плотностью 2 МА/м<sup>2</sup>. Найти циркуляцию вектора  $\vec{B}$  вдоль окружности радиуса 5 мм, проходящей внутри проводника и ориентированной так, что ее плоскость составляет угол 30° с вектором плотности тока.

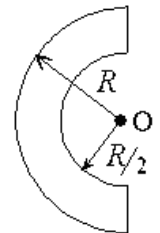


Рис. 47

**594.** Ток  $I=2$  А течет по тонкому проводнику, изогнутому как показано на рисунке 47 ( $R=15$  см). Найти магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ .

**595.** По двум длинным параллельным проводам, расстояние между которыми  $d=5$  см, текут одинаковые токи  $I=10$  А. Определить индукцию и напряженность магнитного поля в точке, удаленной от каждого провода на расстояние  $r=5$  см, если токи текут: а) в одинаковом направлении; б) в противоположных направлениях.

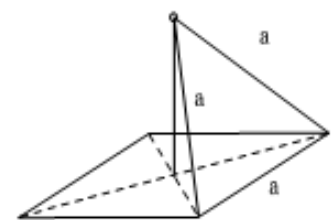


Рис. 48

**596.** По проводнику согнутому в виде квадратной рамки со стороной  $a=10$  см течет ток силой  $I=5$  А (см. рис.48). Определить магнитную индукцию поля в точке, равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное длине его стороны.

**597.** Определить магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиусом 5 см, по которому течет ток 10 А, в точке, расположенной на расстоянии 10 см от центра кольца.

**598.** Ток  $I$  проходит по дуге окружности радиуса  $R$  с центральным углом  $2\alpha$ . Вычислить напряженность магнитного поля в центре окружности (в воздухе).

**599.** По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток силой  $I=50$  А. Сторона треугольника  $a=20$  см. Определить магнитную индукцию в точке пересечения высот.

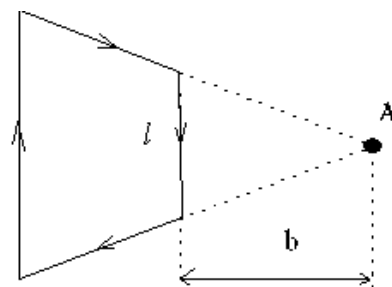


Рис. 49

**600.** Ток силы  $I=6,28$  А циркулирует в контуре, имеющем форму равнобочной трапеции. Отношение оснований трапеции равно 2. Найти магнитную индукцию в точке А, лежащей в плоскости трапеции. Меньшее основание трапеции  $l=100$  мм, расстояние  $b=50$  мм (см. рис.49).

### Магнитные силы. Взаимодействие проводников с токами. Движение заряженных частиц в МП. Работа МП

**601.** Электрон, ускоренный разностью потенциалов 1 кВ, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению его движения. Индукция магнитного поля равна  $B=1,19 \cdot 10^{-3}$  Тл. Найти: 1) радиус кривизны траектории электрона; 2) период обращения его по окружности.

**602.** Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии 4 мм от него. Какая сила подействует на электрон, если по проводнику пустить ток 5 А.

**603.** Заряженная частица с кинетической энергией  $W_k=2$  кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $R=4$  мм. Определить силу, действующую на частицу со стороны поля.

**604.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B=2$  мТл расположен тонкий проводник в виде полуокружности радиуса  $R=12$  см, по которому течет ток  $I=5$  мА. Направление тока и вектора магнитной индукции указано на рисунке 50. Определите силу, действующую на проводник.

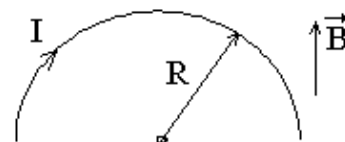


Рис. 50

**605.** По трем параллельным прямым проводникам, находящимся на одинаковом расстоянии  $d=20$  см друг от друга, текут токи одинаковой силы  $I=400$  А. В двух проводниках направления токов совпадают. Вычислить силу  $F$ , действующую на единицу длины каждого провода.

**606.** Электрон движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. Определить силу  $F$ , действующую на электрон со стороны поля, если индукция  $B=0,2$  Тл, а радиус кривизны траектории  $R=0,2$  см.

**607.** Протон влетел в однородное магнитное поле под углом  $\alpha=60^\circ$  к направлению линий поля и движется по спирали, радиус которой  $R=2,5$  см. Индукция магнитного поля  $B=0,05$  Тл. Найти кинетическую энергию  $W_k$  протона?

**608.** Протон и  $\alpha$ -частица, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус  $R_1$  кривизны траектории протона больше радиуса  $R_2$  кривизны траектории  $\alpha$ -частицы?

**609.** Два иона с одинаковыми зарядами, пройдя одну и ту же ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса которого  $m_1=12$  а.е.м., описал дугу окружности радиусом  $R_1=2$  см. Определить массу  $m_2$  (в атомных единицах массы) другого иона, который описал дугу окружности радиусом  $R_2=2,31$  см.

**610.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B=2$  Тл движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом  $R=1$  см и шагом  $h=6$  см. Определить кинетическую энергию  $W_k$  протона.

**611.** Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ( $E=400$  В/см) и магнитное ( $B=0,2$  Тл) поля. Определить ускоряющую разность потенциалов  $U$ , если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории. Отношение заряда к массе ( $q/m$ ) частицы равно  $9,64 \cdot 10^7$  Кл/кг.

**612.** Между полюсами электромагнита в горизонтальном магнитном поле находится проводник, расположенный горизонтально, причем его направление перпендикулярно магнитному полю (см. рис.51). Какой ток должен идти через проводник, чтобы он висел, не падая, если индукция поля  $B=0,02$  Тл и масса единицы длины проводника  $m/l=0,01$  кг/м?

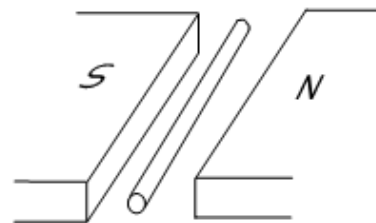


Рис. 51

**613.** Плоский конденсатор, между пластинами которого создано электрическое поле напряженностью  $E=100$  В/м, помещен в магнитное поле так, что силовые линии полей взаимно перпендикулярны. Какова должна быть индукция  $B$  магнитного поля, чтобы электрон с начальной энергией  $W=4$  кэВ, влетевший в пространство между пластинами конденсатора перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, не изменил направление скорости?

**614.** Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии  $0,3$  м друг от друга. На них лежит стержень перпендикулярно рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропустить ток  $50$  А? Коэффициент трения стержня о рельсы  $0,2$ . Масса стержня  $0,5$  кг.

**615.** По трем параллельным прямым проводникам, расположенным на одной прямой на расстояниях  $r_{12}=r_{23}=20$  см друг от друга, текут токи одинаковой силы  $I=20$  А. В двух проводниках направления токов совпадают. Вычислить силу  $F$ , действующую на единицу длины каждого провода.

**616.** Контур в виде квадрата с диагональю (см. рис.52), изготовленный из медной проволоки сечением  $S=1 \text{ мм}^2$ , подключен к источнику постоянного напряжения  $U=110 \text{ В}$ , как показано на рисунке 3. Плоскость квадрата расположена параллельно магнитному полю с индукцией  $B=1,7 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ . Определить величину и направление силы, действующей на контур со стороны поля.

**617.** 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 силой  $I=200 \text{ А}$ . Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии равном ее длине.

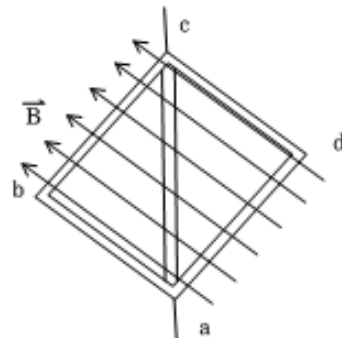


Рис. 52

**618.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B=1 \text{ Тл}$  находится квадратная рамка со стороной  $a=10 \text{ см}$ , по которой течет ток  $I=4 \text{ А}$ . Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середину ее противоположных сторон: 1) на  $90^\circ$ ; 2) на  $180^\circ$ ; 3) на  $360^\circ$ .

**619.** Плоский контур с током  $I=5 \text{ А}$  свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,4 \text{ Тл}$ . Площадь контура  $S=200 \text{ см}^2$ . Поддерживая ток в контуре неизменным, его повернули относительно оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\alpha=40^\circ$ . Определить совершенную при этом работу  $A$ .

**620.** В средней части соленоида, содержащего  $n=8$  витков/см, помещен круговой виток диаметром  $D=4 \text{ см}$ . Плоскость витка расположена под углом  $\alpha=60^\circ$  к оси соленоида. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий виток, если по обмотке соленоида течет ток силой  $I=1 \text{ А}$ .

**621.** В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский контур площадью  $S=100 \text{ см}^2$ . Поддерживая в контуре постоянную силу тока  $I=50 \text{ А}$ , его переместили из поля в область пространства, где поле отсутствует. Определить индукцию магнитного поля, если при перемещении контура была совершена работа  $A=0,4 \text{ Дж}$ .

**622.** Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока  $I=60 \text{ А}$ , свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией  $B=20 \text{ мТл}$ . Диаметр витка  $d=10 \text{ см}$ . Какую работу  $A$  нужно совершить для того, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол  $\alpha=\pi/3$ ?

**623.** Квадратный контур со стороной  $a=10 \text{ см}$ , в котором течет ток силой  $I=6 \text{ А}$ , находится в магнитном поле с индукцией  $B=0,8 \text{ Тл}$ . Плоскость контура расположена под углом  $\alpha=50^\circ$  к линиям индукции. Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму с квадрата на окружность?

**624.** Прямой провод длиной  $l=40 \text{ см}$ , по которому течет ток силой  $I=100 \text{ А}$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,5 \text{ Тл}$ . Какую



работу  $A$  совершат силы, действующие на провод со стороны поля, переместив его на  $d=40$  см, если направление перемещения перпендикулярно линиям индукции и проводу?

**625.** Прямой бесконечный проводник с током  $I_1=5$  А и прямоугольная рамка с током  $I_2=3$  А расположены в одной плоскости так, что сторона рамки  $a=1$  м параллельна прямому току и отстоит от него на  $r_1=0,1 \cdot b$ , где  $b$  - длина другой стороны рамки. Определить, какую работу необходимо совершить для того, чтобы повернуть рамку на  $90^\circ$  относительно оси  $OZ$ , параллельной прямому току и проходящей через середины противоположных сторон рамки  $b$ .

### Явление электромагнитной индукции

**626.** Рамка, содержащая  $N=1000$  витков площадью  $S=100$  см<sup>2</sup>, равномерно вращается с частотой  $n=10$  с<sup>-1</sup> в магнитном поле напряженностью  $H=10^4$  А/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС индукции  $\varepsilon_{max}$ , возникающую в рамке.

**627.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,5$  Тл вращается с частотой  $n=10$  с<sup>-1</sup> стержень длиной  $l=20$  см. Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня, перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня.

**628.** Квадратная проволочная рамка со стороной  $a$  и прямой длинный проводник с постоянным током  $I$  лежат в одной плоскости. Индуктивность рамки  $L$ , ее сопротивление  $R$ . Рамку повернули на  $180^\circ$  вокруг оси  $OO'$  и остановили (см. рис.53). Найти количество электричества, протекшее в рамке. Расстояние между осью  $OO'$  и прямым проводником  $b$ .

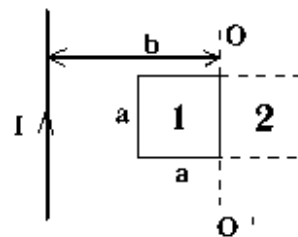


Рис. 53

**629.** Катушка, намотанная на немагнитный 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 осталась прежней. Сколько витков оказалось в катушке после перемотки?

**630.** Индуктивность  $L$  соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна  $0,5$  мГн. Длина соленоида  $l=0,6$  м, диаметр  $D=2$  см. Определить число витков  $n$ , приходящихся на единицу длины соленоида.

**631.** По замкнутой цепи с сопротивлением  $R=20$  Ом течет ток. Через  $8$  мс после размыкания цепи сила тока в ней уменьшилась в  $20$  раз. Определить индуктивность цепи.

**632.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $R=10$  Ом и индуктивностью  $L=0,2$  Гн. Через сколько времени сила тока в цепи достигнет  $50\%$  максимального значения?

**633.** Рамка из провода сопротивлением  $R=0,04$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B=0,6$  Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $S=200$

см<sup>2</sup>. Определить заряд  $q$ , который протечет через рамку при изменении угла между нормалью к рамке и линиям индукции: 1) от 0 до 45°; 2) от 45° до 90°.

**634.** Тонкий медный провод массой  $m=5$  г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B=0,2$  Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд  $q$ , который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

**635.** По длинному прямому проводу течет ток. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением  $R=0,02$  Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода соответственно равны  $a_1=10$  см,  $a_2=20$  см. Найти силу тока  $I$  в проводе, если при его включении через рамку протекло количество электричества  $q=693$  мкКл.

**636.** По двум медным шинам, установленным под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.54), скользит под действием силы тяжести медный брусок массы  $m$ . В окружающем шины пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ , перпендикулярное к плоскости, в которой перемещается брусок. Вверху шины закорочены сопротивлением  $R$ . Коэффициент трения между поверхностями шин и бруска равен  $\mu$ . Расстояние между шинами  $d$ . Пренебрегая сопротивлением шин, бруска и мест контакта между ними, найти установившееся значение скорости бруска  $V$ .

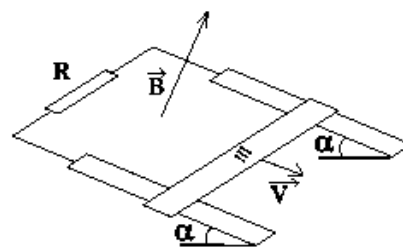


Рис. 54

**637.** В магнитном поле, индукция которого изменяется по закону  $\vec{B} = (a + bt^2)\vec{i}$ , где  $a=10^{-1}$  Тл;  $b=10^{-2}$  Тл/с<sup>2</sup>,  $\vec{i}$  - единичный вектор оси  $Ox$ , расположена квадратная рамка со стороной  $l=20$  см, причем плоскость рамки перпендикулярна  $\vec{B}$ . Определить ЭДС индукции в рамке в момент времени  $t=5$  с.

**638.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,1$  Тл равномерно вращается рамка, содержащая  $N=1000$  витков, с частотой  $n=10$  с<sup>-1</sup>. Площадь рамки  $S=150$  см<sup>2</sup>. Определить мгновенное значение ЭДС  $\varepsilon_i$ , соответствующее углу поворота рамки в 30°.

**639.** В плоскости квадратной рамки сопротивлением  $R=7$  Ом и стороной  $a=20$  см расположен на расстоянии  $r=20$  см от рамки прямой бесконечный проводник. Сила тока в проводнике изменяется по закону  $I=At^3$ , где  $A=2$  А/с<sup>3</sup>. Проводник параллелен одной из сторон рамки. Определить силу тока в рамке в момент времени  $t=10$  с.

**640.** На картонный каркас длиной  $l=0,8$  м и диаметром  $D=4$  см намотан в один слой провод диаметром  $d=0,25$  мм так, что витки плотно прилегают друг к другу. Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида.

**641.** Соленоид имеет длину  $l=0,6$  м и сечение  $S=10$  см<sup>2</sup>. При некоторой силе тока, протекающего по обмотке, в соленоиде создается магнитный поток

0,1 мВб. Чему равна энергия  $W$  магнитного поля соленоида? Считать магнитное поле соленоида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

**642.** Обмотка соленоида имеет  $N=20$  витков на каждый сантиметр длины. При какой силе тока  $I$  объемная плотность энергии магнитного поля будет равна  $w=0,1$  Дж/м<sup>3</sup>? Считать магнитное поле соленоида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

**643.** На железный полностью размагниченный сердечник диаметром  $D=5$  см и длиной  $l=28,8$  см намотано в один слой  $N=240$  витков провода. Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида при силе тока  $I=0,6$  А. При решении задачи воспользоваться графиком (см. рис.55).

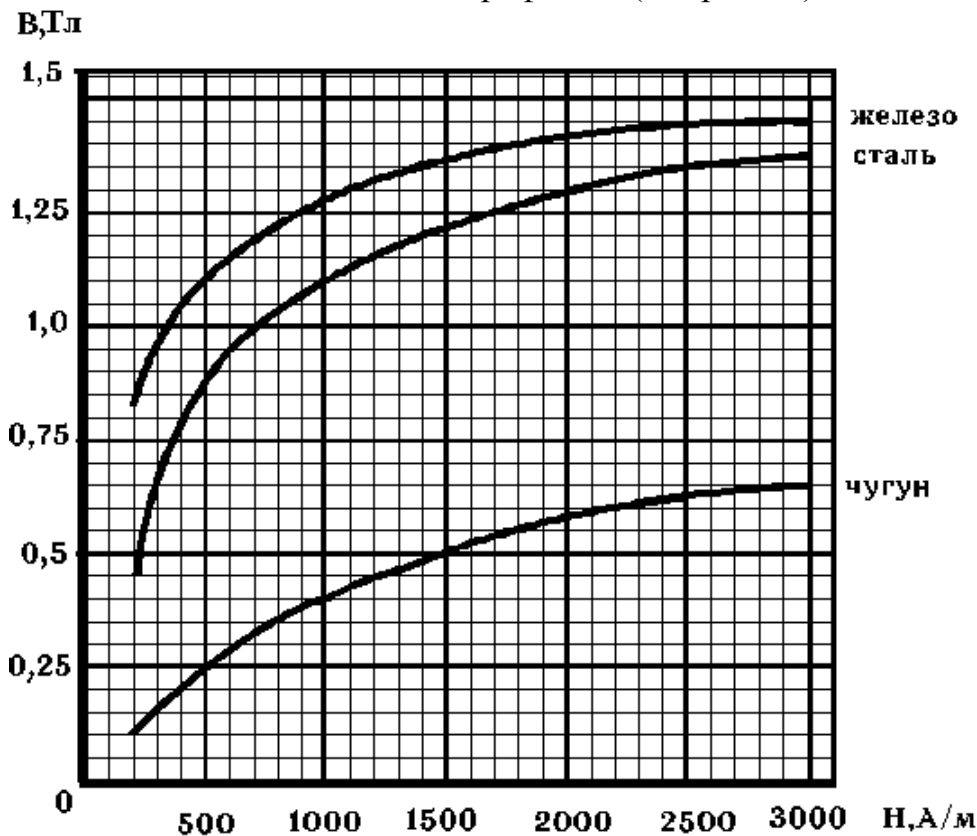


Рис. 55

**644.** При какой силе тока  $I$  в прямолинейном проводе бесконечной длины на расстоянии  $r=5$  см от него объемная плотность энергии магнитного поля будет равна  $w=1$  мДж/м<sup>3</sup>?

**645.** Тороид содержит  $N=2000$  витков и имеет площадь сечения  $S=20$  см<sup>2</sup>. Диаметр его (по средней линии) равен 50 см. Вычислить энергию  $W$  магнитного поля тороида при силе тока  $I=5$  А. Считать магнитное поле тороида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

**646.** В соленоиде сечением  $S=5$  см<sup>2</sup> создан магнитный поток  $\Phi=20$  мкВб. Определить объемную плотность энергии  $w$  магнитного поля соленоида. Сердечник отсутствует. Магнитное поле во всем объеме соленоида считать однородным.

**647.** Проволочный виток радиусом  $r=5$  см и сопротивлением  $R=0,02$  Ом находится в однородном магнитном поле ( $B=0,3$  Тл). Плоскость витка составляет угол  $\varphi=90^\circ$  с линиями индукции. Какой заряд  $q$ , протечет по витку при выключении магнитного поля?

**648.** Соленоид сечением  $S=10$  см<sup>2</sup> содержит  $N=1000$  витков. Индукция  $B$  магнитного поля внутри соленоида при силе тока  $I=5$  А равна  $0,1$  Тл. Определить индуктивность  $L$  соленоида.

**649.** Цепь состоит из катушки индуктивностью  $L=0,1$  Гн и источника тока. Источник тока отключили, не разрывая цепь. Время, по истечении которого сила тока уменьшается до  $0,001$  первоначального значения, равно  $t=0,07$  с. Определить сопротивление  $R$  катушки.

**650.** Обмотка тороида имеет  $N=10$  витков на каждый сантиметр длины (по средней линии тороида). Вычислить объемную плотность энергии  $w$  магнитного поля при силе тока  $I=10$  А. Считать магнитное поле тороида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.