

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

**ФИЗИКА**

**Часть 3**

**ЭЛЕКТРОСТАТИКА.  
ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.**

Методические указания с заданиями  
для контрольных работ

УДК 537(075)  
ББК 22.33. Я 73  
Ф 503

Кафедра теоретической и прикладной физики

Составители: ст. преп. *И.М. Дзю*;  
ст. преп. *А.П. Минаев*;

Рецензент: канд. техн. наук, доц. *Е.П. Матус* (НГАСУ)

**Физика ч.3. Электростатика. Постоянный электрический ток:** метод. указания / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. сост.: И.М. Дзю, А.П. Минаев. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – 40 с.

Издание включает методические указания по изучению дисциплины и задания к контрольным работам. При составлении заданий использованы материалы методических указаний Минвуза.

Предназначено для студентов всех направлений подготовки очной формы обучения.

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом Инженерного института (протокол № от 28 мая 2019 г.)

## **ВЕДЕНИЕ**

Предлагаемое издание включает в себя задачи по разделу физики: электростатика и постоянный электрический ток. Оно соответствует программе курса физики для инженерно-технических специальностей.

При подборе задач отдавалось предпочтение реальным задачам, заимствованным из практики, науки и техники. Мы стремились расположить в каждом варианте задачи различной степени сложности. Решение задач по физике способствует лучшему усвоению теории. Единственный способ научиться решать задачи – самостоятельное решение большого числа задач. Решению задач научить нельзя – можно только научиться

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Учебная работа студента по изучению физики складывается из следующих элементов: прослушивание лекции, выполнение лабораторных работ, самостоятельное изучение дисциплины по учебным пособиям, выполнение контрольных работ, сдача зачетов и экзамена.

Самостоятельная работа является главным видом работы студента и на неё следует обратить особое внимание.

Рекомендуется изучать курс систематически, в течение всего учебного процесса. Изучение физики в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний и никогда не приведет к положительным результатам. В самом начале изучения курса физики необходимо составить для себя график работы. Ознакомившись с программой и согласовав с ней материал учебника, следует распределить его по месяцам и начать регулярную проработку проходимого материала, стараясь жёстко соответствовать программе курса.

Только после изучения теории и решения тренировочных задач по каждому разделу студент приступает к выполнению контрольных работ.

При выполнении контрольных работ необходимо придерживаться следующих правил:

1. Контрольные работы выполняют в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения о студенте по следующему образцу:

<p style="text-align: center;"><b>Контрольная работа №1</b> <b>по физике</b></p> <p><b>Выполнил Иванов С.И.</b> <b>35.03.07 – Технология производства и переработки</b> <b>сельскохозяйственной продукции,</b> <b>Курс 2</b> <b>Группа №</b> <b>Вариант №</b></p>
---

2. Контрольную работу выполняют чернилами. На страницах тетради оставляют поля для замечаний преподавателя.

3. Условия задач должны быть переписаны полностью. Ниже столбиком выписывают все данные из условия и необходимые величины из справочных таблиц, а далее все операции выполняют в соответствии с требованиями (решению задач.) Все записи должны быть аккуратными и **выполнены разборчивым почерком.**

4. Номер варианта для каждой контрольной работы соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

## ФОРМУЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ

### «ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК» Электрическое поле

- Закон Кулона:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2},$$

где  $F$  – сила взаимодействия двух точечных зарядов  $Q_1$  и  $Q_2$  в вакууме;  $r$  – расстояние между зарядами;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м - электрическая постоянная.

- Напряженность и потенциал электростатического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_0}, \quad \varphi = \frac{W}{Q_0}, \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{A_\infty}{Q_0},$$

где  $F$  – сила, действующая на точечный положительный заряд  $Q_0$ , помещенный в данную точку поля;  $W$  – потенциальная энергия заряда  $Q_0$ ;  $A_\infty$  – работа перемещения заряда  $Q_0$  из данной точки поля за его пределы.

- Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда  $Q$  на расстоянии  $r$  от заряда:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}.$$

- Поток вектора напряженности сквозь площадку  $dS$ :

$$d\Phi_A = \vec{E} d\vec{S} = E_n dS,$$

где  $d\vec{S} = dS \vec{n}$  – вектор, модуль которого равен  $dS$ , а направление совпадает с нормалью  $\vec{n}$  к площадке;  $E_n$  – проекция вектора  $E$  на нормаль  $\vec{n}$  к площадке  $dS$ .

- Поток вектора напряженности через произвольную поверхность  $S$ :

$$\Phi_A = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E_n dS.$$

- Принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i; \quad \varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i,$$

где  $E_i$ ,  $\varphi_i$  – соответственно напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядом  $Q_i$ .

- Связь между напряженностью и потенциалом электрического поля:

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

где  $i, j, k$  – единичные векторы координатных осей.

- В случае поля, обладающего центральной или осевой симметрией:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr}.$$

- Электрический момент диполя (дипольный момент):

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

где  $l$  – плечо диполя.

- Линейная, поверхностная и объемная плотности зарядов

$$\tau = \frac{dQ}{dl}; \quad \sigma = \frac{dQ}{dS}; \quad \rho = \frac{dQ}{dV},$$

т.е. соответственно заряд, приходящийся на единицу длины, поверхности и объема.

- Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме:

$$\hat{O} = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho dV,$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;  $\sum_{i=1}^n Q_i$  – алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой поверхности  $S$ ;  $n$  – число зарядов;  $\rho$  – объемная плотность зарядов.

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}.$$

- Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной сферической поверхностью радиусом  $R$  с общим зарядом  $Q$  на расстоянии  $r$  от центра сферы:

$$E = 0 \text{ при } r < R \text{ (внутри сферы);}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

при  $r \geq R$  (вне сферы).

- Напряженность поля, создаваемого объемно заряженным шаром радиусом  $R$  с общим зарядом  $Q$  на расстоянии  $r$  от центра шара:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} r \quad \text{при } r \leq R \text{ (внутри шара);}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне шара).}$$

- Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным бесконечным цилиндром радиусом  $R$  на расстоянии  $r$  от оси цилиндра:

$$E = 0 \text{ при } r < R \text{ (внутри цилиндра);}$$

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

при  $r \geq R$  (вне цилиндра).

- Циркуляция вектора напряженности электрического поля вдоль замкнутого контура:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = \int_L E_l dl = 0,$$

где  $E_l$  — проекция вектора  $E$  на направление элементарного перемещения  $dl$ .  
Интегрирование производится по любому замкнутому пути  $L$ .

- Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда  $Q_0$  из точки 1 в точку 2:

$$A_{12} = Q_0 (\varphi_1 - \varphi_2), \text{ или } A_{12} = Q_0 \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = Q_0 \int_1^2 E_l dl,$$

где  $E_l$  — проекция вектора  $E$  на направление элементарного перемещения  $dl$

- Поляризованность:

$$\vec{P} = \sum \frac{\vec{p}}{V},$$

где  $V$  — объем диэлектрика;  $p_i$  — дипольный момент  $i$ -й молекулы.

- Связь между поляризованностью диэлектрика и напряженностью электрического поля:

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E},$$

где  $\chi$  — диэлектрическая восприимчивость вещества.

- Связь диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  с диэлектрической восприимчивостью  $\chi$ :

$$\epsilon = 1 + \chi.$$

- Связь между напряженностью  $E$  поля в диэлектрике и напряженностью  $E_0$  внешнего поля:

$$E = E_0 - \frac{P}{\varepsilon_0}, \text{ или } E = \frac{E_0}{\varepsilon}.$$

- Связь между векторами электрического смещения и напряженностью электрического поля:

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

- Связь между  $\vec{D}$ ,  $\vec{E}$  и  $\vec{P}$ :

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}.$$

- Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике:

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где  $\sum_{i=1}^n Q_i$  – алгебраическая сумма заключенных внутри замкнутой поверхности  $S$  свободных электрических зарядов;  $D_n$  – проекция вектора  $\vec{D}$  на нормаль  $\vec{n}$  к площадке  $dS$ ;  $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$  – вектор, модуль которого равен  $dS$ , а направление совпадает с нормалью  $\vec{n}$  к площадке.

- Напряженность электрического поля у поверхности проводника:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon},$$

где  $\sigma$  – поверхностная плотность зарядов.

- Емкость уединенного проводника:

$$C = \frac{Q}{\varphi},$$

где  $Q$  – заряд, сообщенный проводнику;  $\varphi$  – потенциал проводника.

- Емкость плоского конденсатора:

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

где  $S$  – площадь каждой пластины конденсатора;  $d$  – расстояние между пластинами.

- Емкость цилиндрического конденсатора:

$$C = \frac{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon l}{\ln(r_2 / r_1)},$$



где  $l$ —длина обкладок конденсатора;  $r_1$  и  $r_2$ —радиусы полых коаксиальных цилиндров.

- Емкость сферического конденсатора:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2},$$

где  $r_1$  и  $r_2$ —радиусы концентрических сфер.

- Емкость системы конденсаторов при последовательном и параллельном соединениях:

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

где  $C_i$ —емкость  $i$ -го конденсатора;  $n$ —число конденсаторов.

- Энергия уединенного заряженного проводника:

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

- Энергия взаимодействия точечных зарядов:

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

где  $\varphi_i$ —потенциал, создаваемый в той точке, где находится заряд  $Q_i$ , всеми зарядами, кроме  $i$ -го.

- Энергия заряженного конденсатора:

$$W = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{Q\Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C},$$

где  $Q$ —заряд конденсатора;  $C$ —его емкость;  $\Delta\varphi$ —разность потенциалов между обкладками.

- Сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками конденсатора:

$$|F| = \frac{Q^2}{2\epsilon_0\epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0\epsilon} = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2 S}{2}.$$

- Энергия электростатического поля плоского конденсатора:

$$W = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2} Sd = \frac{\epsilon_0\epsilon S U^2}{2d} = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2} V,$$

где  $S$ —площадь одной пластины;  $U$ —разность потенциалов между пластинами;  $V = Sd$ —объем конденсатора.

- Объемная плотность энергии:

$$w = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \frac{1}{2} ED,$$

где  $D$ —электрическое смещение.

### Постоянный электрический ток

- Сила и плотность электрического тока:

$$I = \frac{dQ}{dt}; \quad j = \frac{I}{S},$$

где  $S$  —площадь поперечного сечения проводника.

- Плотность тока в проводнике:

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

где  $\langle v \rangle$ —скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике;  
 $n$ —концентрация зарядов.

- Электродвижущая сила, действующая в цепи:

$$\varepsilon = \frac{A}{Q_0}, \text{ или } \varepsilon = \oint \vec{E}_{\text{н\acute{o}}} d\vec{l},$$

где  $Q_0$ —единичный положительный заряд;  $A$ —работа сторонних сил;  
 $\vec{E}_{\text{н\acute{o}}}$ —напряженность поля сторонних сил.

- Сопротивление  $R$  однородного линейного проводника, проводимость  $G$  проводника и удельная электрическая проводимость  $\gamma$  проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S}; \quad G = \frac{1}{R}; \quad \gamma = \frac{1}{\rho},$$

где  $\rho$ —удельное электрическое сопротивление;  $S$ —площадь поперечного сечения проводника;  $l$ —его длина.

- Сопротивление проводников при последовательном и параллельном соединении:

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

где  $R_i$ —сопротивление  $i$ -го проводника;  $n$ —число проводников.

- Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  от температуры

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

где  $\alpha$  —температурный коэффициент сопротивления.

- Закон Ома:

— для однородного участка цепи:

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

—для неоднородного участка цепи:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}}{R};$$

—для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

где  $U$  —напряжение на участке цепи;  $R$  —сопротивление цепи (участка цепи);  $(\varphi_1 - \varphi_2)$  —разность потенциалов на концах участков цепи;  $\mathcal{E}$  —э. д. с. источников тока, входящих в участок;  $\mathcal{E}_i$  —э. д. с. всех источников тока цепи.

- Закон Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \gamma \vec{E},$$

где  $E$  —напряженность электростатического поля.

- Работа тока за время  $t$ :

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

- Мощность тока:

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

- Закон Джоуля-Ленца:

$$Q = UIt = I^2 R t,$$

где  $Q$  —количество теплоты, выделяемо в участке цепи за время  $t$ .

- Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме:

$$w = jE = \gamma E^2,$$

где  $w$  —удельная тепловая мощность тока.

- Правила Кирхгофа

$$\sum_k I_k = 0; \quad \sum_i I_i R_i = \sum_k \mathcal{E}_k.$$

### Электрические токи в металлах, в вакууме и газах

- Квантовая разность потенциалов на границе двух металлов 1 и 2:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2},$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  —работы выходов свободных электронов из металлов;  $k$  —постоянная Больцмана;  $n_1$ ,  $n_2$  —концентрация свободных электронов в металлах.

- Термоэлектродвижущая сила:

$$\varepsilon = \frac{k}{e}(T_1 - T_2) \ln \frac{n_1}{n_2},$$

где  $(T_1 - T_2)$  —разность температур спаев.

- Формула Ричардсона-Дешмана:

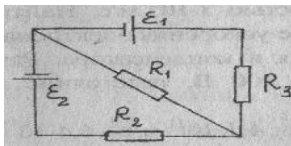
$$J_{i\text{ан}} = CT^2 \exp \left[ - \left( \frac{A}{kT} \right) \right],$$

где  $J_{i\text{ан}}$  —плотность тока насыщения термоэлектронной эмиссии;  
 $C$  —постоянная, теоретически одинаковая для всех металлов;  $A$  —работа выхода электрона из металла.

## Задания для контрольных работ

### Вариант 1

1. В вершинах правильного четырехугольника расположены заряды: 3 положительных и 1 отрицательный. Найти напряженность электрического поля в центре четырехугольника. Величина каждого заряда  $q=5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона четырехугольника  $a=3$  см.  
[Ответ:  $2 \cdot 10^4$  В/м]
2. В вершинах правильного треугольника расположены заряды: 2 положительных и 1 отрицательный. Найти напряженность электрического поля в центре треугольника. Величина каждого заряда  $q=2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона треугольника  $a=3$  см.  
[Ответ:  $3,76 \cdot 10^4$  В/м]
3. Даны два точечных заряда  $Q_1=4 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $Q_2=-2 \cdot 10^{-9}$  Кл. Найти потенциал в точке, расположенной в 4 см от  $Q_1$  и в 2 см от  $Q_2$ .  
[Ответ: 0 В]
4. Какую скорость приобретет электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 30 кВ?  
[Ответ:  $1,02 \cdot 10^8$  м/с]
8. Два проводящих шарика, радиусы которых 1,5 и 6,0 см, получили соответственно заряды  $0,5 \cdot 10^{-9}$  и  $6 \cdot 10^{-9}$  Кл. Что произойдет после того, как шарики соединят тонкой проволокой? Определить энергию шариков до и после соединения. Найти окончательное распределение зарядов.  
[Ответ:  $75 \cdot 10^{-9}$  Дж;  $27 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $5,07 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $40,5 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $1,3 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $5,2 \cdot 10^{-9}$  Кл]



5. В схеме  $\varepsilon_1=2,1$  В,  $\varepsilon_2=1,9$  В,  $R_1=45$  Ом,  $R_2=10$  Ом,  $R_3=10$  Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.  
[Ответ:  $I_1=0,04$  А;  $I_2=-0,01$  А;  $I_3=0,03$  А]

### Вариант 2

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=3$  см от точечного заряда  $q_1=5 \cdot 10^{-9}$  Кл и на расстоянии  $r_2=5$  см от точечного заряда  $q_2=15 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=8$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=5 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в эту точку поля.  
[Ответ:  $E=0,04 \cdot 10^5$  В/м;  $F=2 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. Заряд 0,1 Кл удален от заряда 0,2 Кл на расстояние 20 м. Чему равен потенциал поля в середине отрезка, соединяющего заряды?  
[Ответ:  $2,7 \cdot 10^8$  В]
3. Под действием электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости точечный заряд в 1 нКл переместился вдоль силовой линии на расстояние 1 см, при этом совершена работа 5 мкДж. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости.  
[Ответ:  $8,85$  мкКл/м<sup>2</sup>]

4. Расстояние между пластинами плоского конденсатора 1,3 мм, разность потенциалов 300 В. В пространстве между пластинами находятся два слоя диэлектриков: слюды ( $\epsilon=6$ ) толщиной 0,7 мм и эбонита ( $\epsilon=2,6$ ) толщиной 0,3 мм. Определить напряженность и падение потенциала в каждом слое.  
[Ответ: 85,7 кВ/м; 200 кВ/м; 600 кВ/м; 60 В; 60 В; 180 В]
5. Найти емкость сферического конденсатора, состоящего из двух concentрических сфер радиусами 10,0 и 10,5 см. Пространство между сферами заполнено маслом ( $\epsilon=5$ ). Какой радиус должен иметь шар, помещенный в масло, чтобы иметь такую же емкость?  
[Ответ:  $1,17 \cdot 10^{-9}$  Ф; 2,1 м]

### Вариант 3

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=6$  см от точечного заряда  $q_1=5 \cdot 10^{-9}$  Кл и на расстоянии  $r_2=8$  см от точечного заряда  $q_2=20 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=2$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=10^{-8}$  Кл, помещенный в эту точку поля.  
[Ответ:  $E=0,406 \cdot 10^5$  В/м;  $F=40,6 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. Две параллельные тонкие пластины, заряженные разноименно, находятся на расстоянии 2 см друг от друга. Поверхностная плотность заряда пластин  $\pm 1$  нКл/см<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между пластинами.  
[Ответ: 22,6 кВ]
3. Определить скорость электронов, налетающих на анод рентгеновской трубки, работающей при напряжении 50 кВ.  
[Ответ:  $13 \cdot 10^4$  км/с]
4. Емкость плоского конденсатора 1,5 мкФ. Расстояние между пластинами 5 мм. Какова будет емкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной 3 мм ( $\epsilon=2,6$ )?  
[Ответ: 2,5 мкФ]
5. Шар  $A$  радиусом 10 см, заряженный до потенциала 3000 В, после отключения источника напряжения соединяется проволокой (емкостью которой можно пренебречь) с незаряженным шаром  $B$  радиусом 10 см. Найти:  
1) первоначальную энергию шара  $A$ ;  
2) энергию шаров  $A$  и  $B$  после соединения и работу разряда при соединении. [Ответ: 1)  $5 \cdot 10^{-5}$  Дж; 2)  $E_A=E_B=1,25 \cdot 10^{-5}$  Дж;  $A=2,5 \cdot 10^{-5}$  Дж]

### Вариант 4

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=2$  см от точечного заряда  $q_1=10^{-8}$  Кл и на расстоянии  $r_2=8$  см от точечного заряда  $q_2=-4 \cdot 10^{-8}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=10$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=2 \cdot 10^{-8}$  Кл, помещенный в эту точку поля.

[Ответ:  $E = 2,81 \cdot 10^5$  В/м;  $F = 562 \cdot 10^{-5}$  Н]

2. Потенциал заряженного шара радиусом 1 см равен 300 В. Найти потенциал точки, удаленной на 9 см от поверхности шара. [Ответ: 30 В]

3. Около заряженной бесконечной плоскости находится точечный заряд  $0,67 \cdot 10^{-9}$  Кл. Под действием поля он переместился вдоль силовой линии на расстояние 2 см, при этом была совершена работа  $5 \cdot 10^{-6}$  Дж. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости. [Ответ:  $6,6 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>]

4. Между пластинами плоского конденсатора находится стеклянная пластина ( $\epsilon=6$ ). Конденсатор заряжен до разности потенциалов 100 В. Какова будет разность потенциалов, если вытащить стеклянную пластину из конденсатора? [Ответ: 600 В]

5. Шар, погруженный в керосин ( $\epsilon=2$ ), имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $1,1 \cdot 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>. Найти радиус, заряд, емкость и энергию шара. [Ответ: 7 мм;  $7 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $1,55 \cdot 10^{-8}$  Ф;  $1,58 \cdot 10^{-5}$  Дж]

### Вариант 5

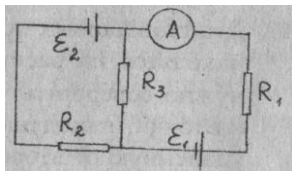
1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=8$  см от точечного заряда  $q_1=15 \cdot 10^{-9}$  Кл и на расстоянии  $r_2=8$  см от точечного заряда  $q_2=15 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=8$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q=40 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в эту точку поля. [Ответ:  $E = 0,365 \cdot 10^5$  В/м;  $F = 146 \cdot 10^{-9}$  Н]

2. Поверхностная плотность заряда на шаре радиусом 1 см равна  $10^{-11}$  Кл/см<sup>2</sup>. Найти потенциал точки, удаленной на 10 см от центра шара. [Ответ: 11,3 В]

3. Два одинаковых по величине разноименных заряда  $\pm 2 \cdot 10^{-7}$  Кл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы третий заряд  $3 \cdot 10^{-7}$  Кл переместить из точки, находящейся посередине между зарядами, в точку, удаленную от второго заряда на 10 см? [Ответ: 1800 Дж]

4. Конденсатору емкостью 2 мкФ сообщен заряд  $10^{-3}$  Кл. Обкладки конденсатора соединили проводником. Найти количество теплоты, выделившейся при разрядке, и разность потенциалов между обкладками конденсатора до разрядки. [Ответ: 0,25 Дж; 500 В]

5.



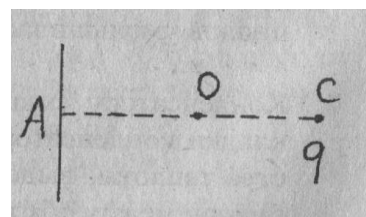
В схеме  $\varepsilon_1=110$  В,  $\varepsilon_2=220$  В,  $R_1=R_2=100$  Ом,  $R_3=500$  Ом. Определить показания амперметра. Внутренним сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.  
[Ответ: 0,4 А]

### Вариант 6

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=6$  см от точечного заряда  $q_1=25$  нКл и на расстоянии  $r_2=6$  см от точечного заряда  $q_2=25 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=6\sqrt{3}$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=50 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в эту точку поля.

[Ответ:  $E = 0,62 \cdot 10^5$  В/м;  $F = 310 \cdot 10^{-5}$  Н]

2. Найти напряженность электрического поля в точке  $O$ , находящейся на расстоянии  $AO=6$  см от бесконечно длинной заряженной нити с линейной плотностью заряда  $8 \cdot 10^{-8}$  Кл/м и на расстоянии  $OC=6$  см от точечного заряда  $q=5 \cdot 10^{-9}$  Кл.



[Ответ:  $1,15 \cdot 10^4$  В/м]

3. В трех вершинах квадрата со стороной 1 см находятся точечные заряды  $Q=10^{-10}$  Кл. Найти потенциал в четвертой вершине. [Ответ: 243,6 В]
4. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином ( $\varepsilon=2,1$ ), равно 2 мм, а напряжение между пластинами 200 В. Найти объемную плотность энергии поля.  
[Ответ: 93 мДж/м³]
5. Найти внутреннее сопротивление генератора, если известно, что мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова при двух значениях внешнего сопротивления  $R_1=5$  Ом и  $R_2=0,2$  Ом. Найти КПД генератора в каждом из этих случаев. [Ответ: 1 Ом; 83,3%; 16,7%]

### Вариант 7

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=4$  см от положительного точечного заряда  $q_1=30 \cdot 10^{-9}$  Кл и на расстоянии  $r_2=4$  см от отрицательного точечного заряда  $q_2=-30 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=5$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=2 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в эту точку поля. [Ответ:  $E = 1,12 \cdot 10^5$  В/м;  $F = 22,4 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. В вершинах квадрата со стороной  $a=2$  см находятся четыре заряда  $q=10^{-8}$  Кл. Чему равен потенциал в центре квадрата? [Ответ: 255 кВ]



3. С какой скоростью подлетает электрон к аноду вакуумного фотоэлемента, если разность потенциалов между анодом и катодом равна 300В? Начальная скорость электрона  $10^3$  км/с. [Ответ:  $1,02 \cdot 10^7$  м/с]
4. Электрон, находящийся в однородном электрическом поле, получает ускорение, равное  $10^{14}$  см/с<sup>2</sup>. Найти:  
1) скорость, которую получит электрон за  $10^{-6}$  с своего движения;  
2) работу сил электрического поля за это время;  
3) разность потенциалов, пройденную при этом электроном.  
[Ответ:  $10^6$  м/с;  $4,5 \cdot 10^{-19}$  Дж; 2,8 В]
5. Определить общую мощность, полезную мощность и КПД батареи, ЭДС которой равна 240 В, если внешнее сопротивление 23 Ом и сопротивление батареи 1 Ом. [Ответ: 2,4 кВт; 2,3 кВт; 96%]

### Вариант 8

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 3$  см от точечного заряда  $q_1 = 2,5$  нКл и на расстоянии  $r_2 = 8$  см от точечного заряда  $q_2 = -29,4 \cdot 10^{-9}$  Кл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r = 5$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в эту точку поля.  
[Ответ:  $E = 0,163 \cdot 10^5$  В/м;  $F = 4,9 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. В трех вершинах квадрата со стороной  $a = 2$  см находится по заряду  $q = 2$  нКл. Чему равен потенциал в четвертой вершине квадрата?  
[Ответ: 2,44 кВ]
3. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с линейной плотностью заряда  $10^{-7}$  Кл/м. Какую работу надо совершить, чтобы перенести заряд  $q = -2,25 \cdot 10^{-9}$  Кл вдоль силовой линии с расстояния 2 см до расстояния 1 см?  
[Ответ:  $6,94 \cdot 10^{-6}$  Дж]
4. Плоский конденсатор с площадью пластин  $200$  см<sup>2</sup>, расстояние между которыми равно 1 см, подключен к источнику с напряжением 1000 В. Во сколько раз изменится энергия конденсатора, если пластины раздвинуть до расстояния 10 см?  
[Ответ: в 10 раз]
5. Элемент, ЭДС которого 6 В, дает максимальную силу тока 3А. Найти наибольшее количество тепла, которое может выделяться во внешнем сопротивлении за 1 мин.  
[Ответ: 1,08 кДж]

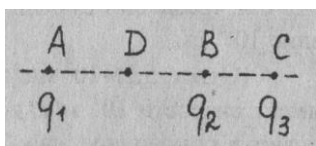
### Вариант 9

1. Три одинаковых заряда величиной  $6,6 \cdot 10^{-9}$  Кл помещены в вершинах равностороннего треугольника. При этом на каждый заряд действует сила 0,01 Н. Определить длину стороны треугольника. [Ответ: 0,83 см]
2. Две параллельные разноименно заряженные пластины находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Поверхностная плотность заряда пластин  $\pm 10^{-10}$  Кл/см<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между пластинами. [Ответ: 5,65 кВ]
3. Точечные заряды  $10^{-6}$  и  $10^{-7}$  Кл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какую работу совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние 10 м? [Ответ:  $8,91 \cdot 10^{-3}$  Дж]
4. Шар радиусом 1 м заряжен до потенциала 30000 В. Найти энергию заряженного шара. [Ответ: 0,05 Дж]
5. При разрядке батареи, состоящей из 20 параллельно включенных одинаковых конденсаторов, выделилось 10 Дж тепла. Емкость каждого конденсатора 4 мкФ. Определить, до какой разности потенциалов были заряжены конденсаторы. [Ответ: 500 В]

### Вариант 10

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся посередине между двумя бесконечными заряженными плоскостями, поверхностные плотности зарядов которых  $\sigma_1 = 35,4 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 70,8 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>2</sup>. Чему будет равна напряженность, если первая плоскость будет иметь такой же по величине, но отрицательный заряд. [Ответ:  $2 \cdot 10^4$  В/м;  $6 \cdot 10^4$  В/м]
2. Положительный точечный заряд  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-9}$  Кл расположен в 3 см от отрицательного  $Q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$  Кл. Найти потенциал в точке, расположенной в 6 см от  $Q_1$  и 5 см от  $Q_2$ . [Ответ: 241 В]
3. Между пластинами плоского конденсатора вложена тонкая слюдяно-слюдяная пластинка ( $\epsilon = 6$ ). Какое давление испытывает эта пластинка при напряженности электрического поля 10 кВ/см? [Ответ: 106,2 Н/м<sup>2</sup>]
4. Шар радиусом 0,7 см, имеющий потенциал 4500 В, погружен в керосин ( $\epsilon = 2$ ). Найти заряд, емкость и энергию шара. [Ответ:  $7 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $1,55 \cdot 10^{-12}$  Ф;  $1,6 \cdot 10^{-5}$  Дж]
5. Две электрические лампочки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой лампочки 360 Ом, второй - 240 Ом. Какая из лампочек поглощает большую мощность? Во сколько раз? [Ответ: в 1,5 раза большую мощность]

### Вариант 11

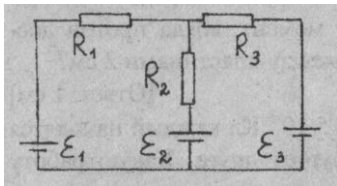


1. Найти напряженность электрического поля в точке D, расположенной по отношению к зарядам  $q_1=5 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_2=4,5 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_3=2 \cdot 10^{-9}$  Кл, как показано на рисунке. Расстояния:  $AB=8$  см,  $BC=4$  см,  $AD=3$  см. Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q=4 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в точку D.  
[Ответ:  $E=3,12 \cdot 10^4$  В/м;  $F=12,48 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. Известно, что градиент потенциала электростатического поля у поверхности Земли направлен вертикально вниз и равен 130 В/м. Найти поверхностную плотность заряда Земли.  
[Ответ:  $-1,15 \cdot 10^{-9}$  Кл/м]
3. Два одинаковых конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику ЭДС. Во сколько раз изменится разность потенциалов на одном из конденсаторов, если другой погрузить в жидкость с  $\epsilon=2$ ?  
[Ответ:  $2\epsilon/(\epsilon+1)=4/3$ ]
4. При увеличении в 2 раза напряжения, поданного на воздушный конденсатор емкостью 20 мкФ, энергия поля возросла на 0,3 Дж. Найти начальные значения напряжения и энергии поля.  
[Ответ: 100 В; 0,1 Дж]
5. Амперметр, сопротивление которого 0,16 Ом, зашунтирован сопротивлением 0,04 Ом. Амперметр показывает 8 А. Чему равна сила тока в магистрали?  
[Ответ: 40 А]

### Вариант 12

1. В вершинах правильного шестиугольника расположены 3 положительных и 3 отрицательных заряда. Найти напряженность электрического поля в центре шестиугольника при различном расположении этих зарядов. Величина каждого заряда  $q=2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона шестиугольника  $a=3$  см.  
[Ответ: 0 В/м;  $5 \cdot 10^4$  В/м;  $10^5$  В/м]
2. Три пластины с поверхностными плотностями заряда  $\sigma_1=6,7 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup>,  $\sigma_2=1,3 \cdot 10^{-7}$  Кл/м<sup>2</sup>,  $\sigma_3=-3 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup> расположены на расстоянии 1 мм друг от друга. Найти разность потенциалов между ними.  
[Ответ:  $\phi_{12}=75$  В;  $\phi_{23}=225$  В]
3. Положительные заряды 3,00 и 0,02 мкКл находятся в вакууме на расстоянии 1,5 м друг от друга. Определить работу, необходимую для сближения зарядов до расстояния 1 м.  
[Ответ: 180 мкДж]

4. Определить количество электрической энергии, перешедшей в тепло при соединении одноименно заряженными обкладками конденсаторов  $C_1=2$  мкФ и  $C_2=0,5$  мкФ, заряженных до напряжений 100 и 50 В соответственно. [Ответ:  $5 \cdot 10^{-4}$  Дж]

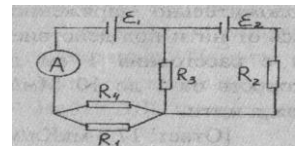


10. В схеме  $\varepsilon_1=2$  В,  $\varepsilon_2=4$  В,  $\varepsilon_3=6$  В,  $R_1=40$  Ом,  $R_2=6$  Ом и  $R_3=8$  Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь. [Ответ:  $I_1=0,3$  А;  $I_2=0,077$  А;  $I_3=0,308$  А]

### Вариант 13

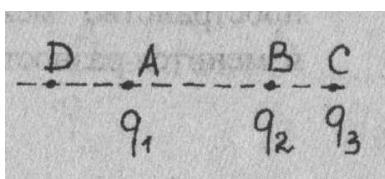
1. Найти напряженность электрического поля в точке D, расположенной по отношению к зарядам  $q_1=15 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_2=15 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_3=5 \cdot 10^{-9}$  Кл, как показано на рисунке. Расстояния:  $AB=2$  см,  $BC=3$  см,  $AD=10$  см. Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q=4$  нКл, помещенный в точку D. [Ответ:  $E=5,23 \cdot 10^4$  В/м;  $F=20,9 \cdot 10^{-5}$  Н]
2. Установлено, что максимальная напряженность электрического поля в воздухе при атмосферном давлении составляет 10 В/м. Найти наибольшие потенциал и заряд, которые можно сообщить сфере диаметром 30 см. [Ответ:  $1,5 \cdot 10^5$  В;  $2,5 \cdot 10^{-6}$  Кл]
3. Разноименные точечные заряды по  $5 \cdot 10^{-8}$  Кл каждый находятся в вакууме на расстоянии 5 см друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между ними до 0,5 м? [Ответ:  $4,05 \cdot 10^{-4}$  Дж]
4. Сила притяжения между пластинами плоского конденсатора 60 мН. Площадь каждой пластины 250 см<sup>2</sup>. Найти объемную плотность энергии поля конденсатора. [Ответ: 2,4 Дж/м<sup>3</sup>]

10. На схеме  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=100$  В,  $R_1=20$  Ом,  $R_2=20$  Ом,  $R_3=40$  Ом и  $R_4=30$  Ом. Найти показание амперметра. Сопротивления батарей и амперметра пренебречь.



[Ответ: 9 А]

### Вариант 14



1. Найти напряженность электрического поля в точке D, расположенной по отношению к зарядам  $q_1=-2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_2=15 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_3=50 \cdot 10^{-9}$  Кл, как показано на рисунке. Расстояние  $AB=5$  см,  $BC=4$  см,  $AD=3$  см.

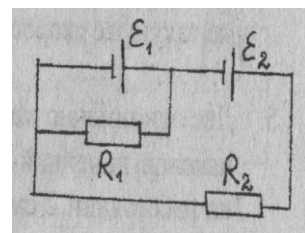
Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q=20 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в точку  $D$ . [Ответ:  $E=2,7 \cdot 10^4$  В/м;  $F=54 \cdot 10^{-5}$  Н]

2. Электрическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью. Протон, двигаясь от нити под действием поля вдоль линии напряженности с расстояния 1 см до расстояния 5 см, изменил свою скорость от 1 до 10 Мм/с. Определить линейную плотность заряда нити. [Ответ: 17,8 мкКл/м]

3. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику ЭДС. Внутри одного из них вносят диэлектрик с  $\varepsilon=3$ , заполняя все пространство между обкладками. Как и во сколько раз изменится разность потенциалов в этом конденсаторе? [Ответ:  $2/(\varepsilon+1)=0,5$ ]

4. Два проводящих шарика, радиусы которых 3 и 12 см, получили заряды  $10^{-9}$  и  $12 \cdot 10^{-9}$  Кл. Что произойдет, когда шарики соединят проволокой? Определить энергию шариков до и после соединения. [Ответ:  $1,50 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $54 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $10,14 \cdot 10^{-7}$  Дж;  $81 \cdot 10^{-7}$  Дж]

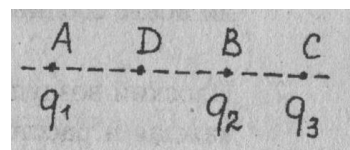
5. На схеме  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  - два элемента с одинаковыми ЭДС и одинаковыми внутренними сопротивлениями. Сопротивление  $R_2=1$  Ом, падение потенциала на зажимах элемента  $\varepsilon_1$  равное 2 В, вдвое больше падения потенциала на зажимах элемента  $\varepsilon_2$ . Падение потенциала на сопротивлении  $R_2$  равно падению потенциала на элементе  $\varepsilon_2$ . Найти ЭДС и внутренние сопротивления элементов.



[Ответ:  $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2$  В;  $r_1=r_2=1$  Ом]

### Вариант 15

1. Найти напряженность электрического поля в точке  $D$ , расположенной по отношению к зарядам  $q_1=-1 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_2=3 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_3=2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл, как показано на рисунке. Расстояние  $AB=6$  см,  $BC=6$  см,  $AD=2$  см. Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q=30 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в точку  $D$ . [Ответ:  $E=7,7 \cdot 10^4$  В/м;  $F=231 \cdot 10^{-5}$  Н]



2. Две разноименно заряженные плоскости с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1=2 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=-3 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Найти разность потенциалов между плоскостями. [Ответ: 28 В]

3. Две одноименно заряженные бесконечно длинные нити с одинаковой линейной плотностью заряда  $3 \cdot 10^{-8}$  Кл/см находятся на расстоянии 2 см

друг от друга. Какую работу (на единицу длины) надо совершить, чтобы сдвинуть эти нити до расстояния 1 см? [Ответ: 0,112 Дж/м]

4. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин  $80 \text{ см}^2$  каждая и расстоянием между ними 1,5 мм заряжается от источника с напряжением 100 В, отключается от него и погружается в жидкий диэлектрик с  $\epsilon=2,5$ . Как и на сколько изменится при этом энергия конденсатора? [Ответ: уменьшится на  $1,4 \cdot 10^{-7}$  Дж]

5. Разность потенциалов между двумя точками  $A$  и  $B$  равна 9 В. Имеются два проводника, сопротивления которых равны соответственно 5 и 3 Ом. Найти количество тепла, выделяющееся в каждом проводнике в 1 с, если проводники  $A$  и  $B$  включены: 1) последовательно; 2) параллельно. [Ответ: 1)  $Q_1=6,32$  Дж;  $Q_2=3,82$  Дж; 2)  $Q_1=16,2$  Дж;  $Q_2=27,2$  Дж]

### Вариант 16

1. В вершинах правильного четырехугольника расположены 2 положительных и 2 отрицательных заряда. Найти напряженность электрического поля в центре четырехугольника при различном расположении этих зарядов. Величина каждого заряда  $q=1,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона четырехугольника  $a=8$  см. [Ответ: 0; 84,3 В/м]
2. Определить линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда  $10^{-9}$  Кл с расстояния 5 см до 2 см в направлении, перпендикулярном нити, равна 50 мкДж. [Ответ: 303 нКл/м]
3. Определить общую емкость трех плоских воздушных конденсаторов, соединенных параллельно. Геометрические размеры конденсаторов одинаковы: площадь пластин  $314 \text{ см}^2$ , расстояние между ними 1 мм. Как изменится общая емкость конденсаторов, если пространство между пластинами одного конденсатора заполнить слюдой ( $\epsilon=6$ ), а второго - парафином ( $\epsilon=2$ )? [Ответ:  $8,34 \cdot 10^{-10}$  Ф;  $3,1 \cdot 10^{-9}$  Ф]
4. Площадь каждой из пластин плоского конденсатора  $200 \text{ см}^2$ , а расстояние между ними 1 см. Какова энергия поля, если напряженность поля 500 кВ/м, а пространство между обкладками заполнено слюдой ( $\epsilon=6$ )? [Ответ: 1,32 Дж]
5. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление  $R_1=2$  Ом, а затем на внешнее сопротивление  $R_2=0,5$  Ом. Найти ЭДС элемента и его внутреннее сопротивление, если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова и равна 3,54 Вт.

[Ответ: 4 В; 1 Ом]

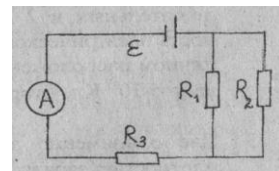
### Вариант 17

1. В вершинах правильного треугольника расположены 3 положительных заряда. Найти напряженность электрического поля в центре треугольника. Величина каждого заряда  $q=1,5$  нКл. Сторона треугольника  $a=8$  см.  
[Ответ: 0 В/м]
2. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной плоскостью. Поверхностная плотность заряда на плоскости  $10$  нКл/м<sup>2</sup>. Какую работу надо совершить, чтобы перенести электрон вдоль линии напряженности с расстояния 2 см до расстояния 1 см?  
[Ответ:  $9,04 \cdot 10^{-19}$  Дж]
3. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику электрического тока с постоянной ЭДС. Внутрь одного из них вносят диэлектрик с  $\varepsilon=9$ . Диэлектрик заполняет все пространство между обкладками. Как и во сколько раз изменится напряженность в этом конденсаторе?  
[Ответ: в 0,2 раза]
4. Определить емкость и энергию металлической сферы радиусом 2 см, погруженной в воду ( $\varepsilon=81$ ), если поверхностная плотность заряда на сфере  $3 \cdot 10^{-5}$  Кл/см<sup>2</sup>.  
[Ответ:  $1,8 \cdot 10^{-10}$  Ф;  $6,25 \cdot 10^{-13}$  Дж]
5. Элемент, ЭДС которого  $\varepsilon$  и внутреннее сопротивление  $r$ , замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Наибольшая мощность во внешней цепи 9 Вт. Сила тока, текущего при этих условиях по цепи, равна 3 А. Найти величины  $\varepsilon$  и  $r$ .  
[Ответ: 6 В; 1 Ом]

### Вариант 18

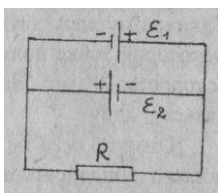
1. В вершинах правильного шестиугольника расположены 4 положительных и 2 отрицательных заряда. Найти напряженность электрического поля в центре шестиугольника при различном расположении этих зарядов. Величина каждого заряда  $q=5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона шестиугольника  $a=12$  см.  
[Ответ:  $1,04 \cdot 10^4$  В/м;  $0,6 \cdot 10^4$  В/м; 0 В/м]
2. Две одноименно заряженные плоскости с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1=10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=4 \cdot 10^{-9}$  Кл/м<sup>2</sup> расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Найти разность потенциалов между одной из пластин и точкой, расположенной посередине между плоскостями. [Ответ: 8,47 В]

3. Электрон, летевший горизонтально со скоростью 1,6 Мм/с, влетел в однородное электрическое поле напряженностью 90 В/см, направленное вертикально вверх. Какова будет по модулю и направлению скорость электрона через 1 нс? [Ответ: 2,3 Мм/с;  $\alpha=45^\circ$ ]
4. Половина металлического шара радиусом 6 см погружена в керосин ( $\epsilon=2$ ). Вычислить емкость шара. [Ответ: 10 пФ]
5. В схеме  $\epsilon$  - батарея, ЭДС которой равна 120 В.  $R_3 = 30$  Ом,  $R_2=60$  Ом. Амперметр показывает 2 А. Найти мощность, выделяющуюся в сопротивлении  $R_1$ . Сопротивлением батареи и амперметра пренебречь. [Ответ: 16 Вт]



### Вариант 19

1. В вершинах правильного четырехугольника расположены три положительных и один отрицательный заряды. Найти напряженность электрического поля в центре четырехугольника. Величина каждого заряда  $q=5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона четырехугольника  $a=3$  см. [Ответ:  $2 \cdot 10^5$  В/м]
2. Потенциал поля в некоторой области зависит от координаты  $x$  следующим образом:  $\varphi = a \cdot x^2 / 2 + C$ . Какова будет напряженность поля? [Ответ:  $E = ax$ ]
3. Расстояние между пластинами плоского конденсатора 1,5 мм, разность потенциалов 500 В. В пространстве между пластинами находятся два слоя диэлектриков: фарфор ( $\epsilon=6$ ) толщиной 0,6 мм и парафин ( $\epsilon=2$ ) толщиной 0,2 мм. Определить напряженность и падение потенциала в каждом слое между пластинами конденсатора. [Ответ:  $9,26 \cdot 10^4$  В/м;  $2,78 \cdot 10^5$  В/м;  $5,56 \cdot 10^5$  В/м; 55,5 В; 55,5 В; 389 В]
4. Восемь капель радиусом 1 см, заряженные до потенциала 5 В, сливаются в одну. Найти потенциал и энергию полученной капли. [Ответ: 20 В;  $4,4 \cdot 10^{-9}$  Дж]

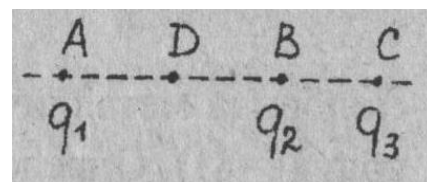


5. Две батареи ( $\epsilon_1=8$  В,  $r_1=2$  Ом,  $\epsilon_2=6$  В,  $r_2=1,5$  Ом) и реостат  $R=10$  Ом соединены так, как показано на схеме. Найти силу тока в реостате.

[Ответ: 0,63 А]

### Вариант 20

1. Найти напряженность электрического поля в точке D, расположенной по отношению к





зарядам  $q_1 = -10^{-8}$  Кл,  $q_2 = 5 \cdot 10^{-9}$  Кл,  $q_3 = -15 \cdot 10^{-9}$  Кл, как показано на рисунке. Расстояния:  $AB = 5$  см,  $BC = 3$  см,  $AD = 2$  см. Определить силу, с которой поле действует на точечный заряд  $q = 40 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещенный в точку  $D$ .

[Ответ:  $E = 25,4 \cdot 10^4$  В/м;  $F = 1020 \cdot 10^{-5}$  Н]

2. В вершинах правильного шестиугольника расположены пять положительных и один отрицательный заряды. Найти напряженность электрического поля в центре шестиугольника при различном расположении этих зарядов. Величина каждого заряда  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона шестиугольника  $a = 4$  см.

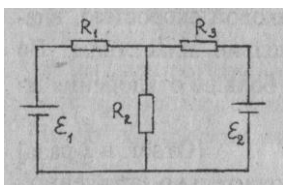
[Ответ:  $3,4 \cdot 10^4$  В/м]

3. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с линейной плотностью заряда  $1$  нКл/см. Какую скорость приобретает электрон, приблизившись под действием поля в нити вдоль линии напряженности с расстояния  $1,5$  см до расстояния  $1$  см?

[Ответ:  $16$  Мм/с]

4. Половина металлического шара радиусом  $12$  см погружена в воду ( $\epsilon = 81$ ). Определить емкость шара.

[Ответ:  $5,46 \cdot 10^{-10}$  Ф]



5. Требуется определить силу тока в сопротивлении  $R_3$  и напряжение на концах этого сопротивления, если  $\epsilon_1 = 4$  В,  $\epsilon_2 = 3$  В,  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 1$  Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

[Ответ:  $0$  А;  $0$  В]

## Вариант 21

1. В вершинах правильного треугольника расположены 2 положительных и 1 отрицательный заряды. Найти напряженность электрического поля в центре треугольника. Величина каждого заряда  $q = 2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона треугольника  $a = 3$  см.

[Ответ:  $3,76 \cdot 10^4$  В/м]

2. Точечные заряды  $Q_1 = -12 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $Q_2 = 8 \cdot 10^{-9}$  Кл расположены в  $10$  см друг от друга. Найти потенциал в точке, расположенной в  $6$  см от первого и в  $4$  см от второго заряда.

[Ответ:  $0$  В]

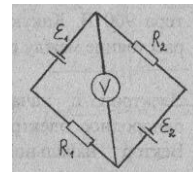
3. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $900$  В. Какую скорость приобретет электрон, пролетев расстояние между пластинами?

[Ответ:  $1,78 \cdot 10^4$  км/с]

4. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $400$  В, находятся два слоя диэлектриков: стекло ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $3$  мм и эбонит ( $\epsilon = 2,6$ ) толщиной  $7$  мм. Площадь каждой

пластины  $250 \text{ см}^2$ . Найти напряженность и падение потенциала в каждом слое.  
[Ответ:  $20,9 \text{ кВ/м}$ ;  $48,2 \text{ кВ/м}$ ;  $62,6 \text{ В}$ ;  $337,4 \text{ В}$ ]

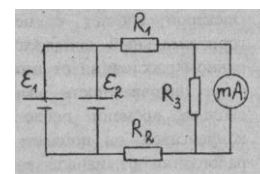
5. В схеме  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 110 \text{ В}$ ,  $R_1 = R_2 = 200 \text{ Ом}$ . Сопротивление вольтметра  $1000 \text{ Ом}$ . Найти показание вольтметра. Сопротивлением батарей пренебречь.  
[Ответ:  $100 \text{ В}$ ]



## Вариант 22

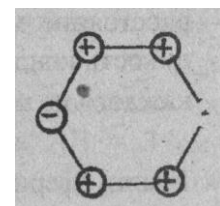
1. Найти напряженность электрического поля в одной из вершин квадрата со стороной  $a = 12 \text{ см}$ , если в остальных трех вершинах находятся одинаковые по величине положительные заряды  $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ .  
[Ответ:  $0,57 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ ]
2. Два одинаковых точечных заряда величиной  $5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  расположены на расстоянии  $6 \text{ см}$  друг от друга. Найти потенциал в точке, находящейся посередине между ними.  
[Ответ:  $3000 \text{ В}$ ]
3. Определить общую емкость трех плоских воздушных конденсаторов, соединенных параллельно. Геометрические размеры конденсаторов одинаковы: площадь пластин  $200 \text{ см}^2$ , расстояние между пластинами  $1 \text{ мм}$ . Как изменится общая емкость конденсаторов, если пространство между пластинами каждого из них заполнить стеклом ( $\varepsilon = 7$ )?  
[Ответ:  $5,31 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$ ;  $3,72 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ ]

5. Найти показание миллиамперметра в схеме, если  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1,5 \text{ В}$ ,  $r_1 = r_2 = 0,5 \text{ Ом}$ ,  $R_1 = R_2 = 2 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 1 \text{ Ом}$ . Сопротивление миллиамперметра  $3 \text{ Ом}$ .  
[Ответ:  $75 \text{ мА}$ ]



## Вариант 23

1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся четыре положительных и один отрицательный заряд. Все заряды одинаковые по величине и равны  $q = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Сторона шестиугольника  $3 \text{ см}$ .  
[Ответ:  $2,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ ]



2. В вершинах квадрата со стороной  $10 \text{ см}$  находятся точечные заряды величиной  $5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Чему равен потенциал в центре квадрата?  
[Ответ:  $2,5 \text{ кВ}$ ]
3. Электрон находится в однородном электрическом поле напряженностью  $2 \cdot 10^5 \text{ В/м}$ . Какой путь пройдет электрон за  $1 \text{ нс}$ , если его начальная скорость равна нулю? Какой скоростью будет обладать электрон в конце этого пути?  
[Ответ:  $1,76 \text{ см}$ ;  $3,52 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ ]

4. На сколько увеличится емкость плоского воздушного конденсатора, если воздушный зазор плотно заполнить двумя слоями диэлектрика: слюдой ( $\epsilon=6$ ) толщиной 0,4 мм и парафином ( $\epsilon=2$ ) толщиной 1 мм? Площадь пластин  $100 \text{ см}^2$ . [Ответ: 930 пФ]
5. Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение на зажимах лампочки 40 В. Сопротивление реостата 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 120 Вт. Найти силу тока в цепи. [Ответ: 2 А]

### Вариант 24

1. Три точечных заряда  $q_1=5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ,  $q_2=10^{-8} \text{ Кл}$  и  $q_3=5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ , расположены на одной прямой. Расстояние между ними 6 см. Найти точку на прямой, в которой напряженность электрического поля равна нулю. [Ответ: 3,5 см от первого заряда]
2. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в трех вершинах которого находятся положительные заряды  $q=15 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Сторона шестиугольника  $a=10 \text{ см}$ . Рассмотреть разные варианты расположения зарядов. [Ответ:  $2,72 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ ;  $1,36 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ ;  $0 \text{ В/м}$ ]
3. В вершинах квадрата со стороной 0,5 м находятся одинаковые заряды по  $4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ . Найти потенциал точки, расположенной посередине одной из сторон. [Ответ: 4,16 кВ]
5. На расстоянии 5 см от бесконечно длинной заряженной нити радиусом 1 мм находится пылинка массой  $3 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$  с зарядом  $10^{-10} \text{ Кл}$ . Электрическое поле перемещает ее ближе к нити на 2 см, при этом совершается работа  $5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ . Найти: 1) линейную плотность заряда нити; 2) скорость пылинки, долетевшей до нее. [Ответ:  $5,45 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}$ ;  $2,8 \cdot 10^2 \text{ м/с}$ ]
4. Два одинаковых воздушных конденсатора соединены параллельно. Как и во сколько раз изменится емкость системы конденсаторов, если их соединить между собой последовательно, предварительно заполнив пространство между обкладками парафином ( $\epsilon=2$ )? [Ответ: уменьшится в 2 раза]
9. ЭДС элемента 6 В. При внешнем сопротивлении 1,1 Ом сила тока в цепи 3А. Найти падение потенциала внутри элемента и его сопротивление. [Ответ: 2,7 В; 0,9 Ом]

### Вариант 25

1. Найти напряженность электрического поля в одной из вершин квадрата со стороной  $a = 4$  см, если в остальных трех вершинах находятся одинаковые по величине два положительных и один отрицательный заряды  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Положительные заряды находятся на диагонали квадрата.  
[Ответ:  $0,84 \cdot 10^4$  В/м]
2. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в пяти вершинах которого находятся положительные заряды  $q = 3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона шестиугольника  $a = 4$  см.  
[Ответ:  $1,68 \cdot 10^4$  В/м]
3. В вершинах куба со стороной 2 см расположены одинаковые: заряды величиной  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл. Чему равен потенциал в центре куба? [Ответ: 8,3 кВ]
4. Емкость плоского конденсатора 1,8 мкФ. Расстояние между пластинами 4 мм. Какова будет емкость конденсатора, если на нижнюю пластинку положить стеклянный лист ( $\epsilon = 7$ ) толщиной 1 мм? [Ответ:  $6,2 \cdot 10^{-6}$  Ф]
5. Три батареи с ЭДС  $\epsilon_1 = 12$  В,  $\epsilon_2 = 5$  В,  $\epsilon_3 = 10$  В и одинаковыми внутренними сопротивлениями по 1 Ом соединены между собой одинаковыми полюсами. Какова сила токов, идущих через батареи?  
[Ответ: 3 А; 4 А; 1 А]

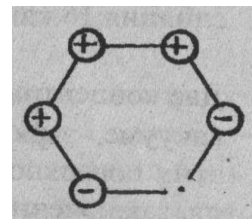
### Вариант 26

1. Найти напряженность электрического поля в центре квадрата со стороной  $a = 8$  см, в трех вершинах которого расположены три одинаковых положительных заряда  $q = 1,5 \cdot 10^{-9}$  Кл.  
[Ответ:  $1,55 \cdot 10^4$  В/м]
2. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в четырех вершинах которого находятся положительные заряды  $q = 5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Сторона шестиугольника  $a = 5$  см. Рассмотреть разные варианты расположения зарядов.  
[Ответ:  $3,11 \cdot 10^4$  В/м;  $1,8 \cdot 10^4$  В/м; 0 В/м]
3. Две пластины площадью  $250 \text{ см}^2$  каждая расположены на расстоянии 5 см друг от друга. Заряд одной пластины  $-3 \cdot 10^9$  Кл, а другой  $4 \cdot 10^{-9}$  Кл. Чему равна разность потенциалов между пластинами? [Ответ: 791 В]
6. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая фарфоровая пластина ( $\epsilon = 6$ ). Конденсатор заряжен до разности потенциалов 150 В. Какова будет разность потенциалов, если фарфоровую пластину из конденсатора убрать? [Ответ: 900 В]

4. Вычислить энергию электростатического поля шара, которому сообщен заряд  $10^{-7}$  Кл, если диаметр шара 20 см. [Ответ: 450 мкДж]
9. Сила тока в проводнике меняется со временем по закону  $I=4+2 \cdot t$ . Какое количество электричества проходит через его поперечное сечение за время от 2 до 6 с? При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника за это же время проходит такое же количество электричества? [Ответ: 48 Кл; 12 А]

### Вариант 27

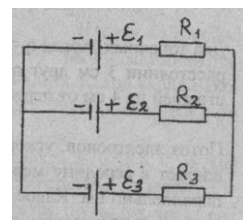
1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся три положительных и два отрицательных заряда. Все заряды одинаковые по величине ( $q=1,5 \cdot 10^{-8}$  Кл). Сторона шестиугольника 8 см. [Ответ:  $6,33 \cdot 10^4$  В/м]



2. Заряды распределены равномерно по поверхности двух концентрических сфер с радиусами 10 и 20 см. Найти потенциал в центре, если поверхностная плотность заряда на первой сфере равна  $8,85 \cdot 10^{-10}$  Кл/м<sup>2</sup>, а заряд второй сферы  $2 \cdot 10^{-9}$  Кл. [Ответ: 99,9 В]
3. Два точечных заряда  $q_1=-8 \cdot 10^{-9}$  Кл и  $q_2=10^{-8}$  Кл расположены на расстоянии 3 см друг от друга. Найти потенциал в точке, отстоящей на 4 см от первого и на 5 см от второго заряда. [Ответ: 0 В]
4. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин 100 см<sup>2</sup> заряжен до напряжения 1000 В. После зарядки конденсатор отключили от источника напряжения и пространство между пластинами заполнили эбонитом ( $\epsilon=2,6$ ). Расстояние между пластинами 5 мм. На сколько и как изменились емкость конденсатора и разность потенциалов между обкладками? [Ответ: 28,3 пФ; 615 В]
5. Сколько витков нихромовой проволоки ( $\rho=10^{-6}$  Ом·м) диаметром 1 мм надо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом 2,5 см, чтобы получилась печь сопротивлением 40 Ом? [Ответ: 200]

### Вариант 28

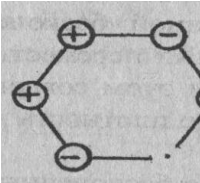
1. В центр квадрата, в вершинах которого находится по заряду в  $2,3 \cdot 10^{-9}$  Кл, помещен отрицательный заряд. Найти величину этого заряда, если результирующая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю.



[Ответ:  $2,3 \cdot 10^{-9}$  Кл]

2. В пяти вершинах шестиугольника со стороной 5 см расположены одинаковые заряды величиной  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Найти потенциал в шестой вершине.  
[Ответ: 3,29 кВ]
3. Под действием электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости точечный заряд величиной 1 нКл переместился вдоль силовой линии на расстояние 1 см, при этом совершена работа 5 мкДж. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости.  
[Ответ: 8,85 мкКл/м<sup>2</sup>]
4. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух пластин площадью 200 см<sup>2</sup>, расположенных на расстоянии 0,3 см друг от друга. Конденсатор заряжают до напряжения 600 В и отключают от батареи. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками до 0,5 см?  
[Ответ:  $7,12 \cdot 10^{-5}$  Дж]
5. ЭДС элемента 12 В. При внешнем сопротивлении 1,1 Ом сила тока в цепи 6 А. Найти падение потенциала внутри элемента и его внутреннее сопротивление.  
[Ответ: 5,4 В; 0,9 Ом]

### Вариант 29

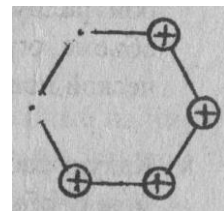
1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся три положительных и два отрицательных заряда. Все заряды одинаковые по величине ( $q = 2,5 \cdot 10^{-9}$  Кл). Сторона шестиугольника 3 см.  
[Ответ:  $2,5 \cdot 10^4$  В/м]
- 
2. Расстояние между двумя металлическими пластинами площадью 20 см<sup>2</sup> каждая, находящимися в керосине, равно 1 см. Заряд левой пластины  $10^{-9}$  Кл, заряд правой  $3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Определить разность потенциалов между пластинами и скорость, с которой электрон, случайно покинувший одну из пластин ( $v_0 = 0$  м/с), достигнет другой пластины.  
[Ответ: 56,5 В;  $4,45 \cdot 10^6$  м/с]
  3. Электрическое поле создается заряженной ( $Q = 0,1$  мкКл) сферой радиусом 10 см. Какова энергия поля, заключенного в объеме, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью радиусом 20 см?  
[Ответ:  $2,25 \cdot 10^{-4}$  Дж]
  4. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками плоского воздушного конденсатора площадью 100 см<sup>2</sup> от 3 до 10 см? Напряжение между обкладками постоянно и равно 220 В.  
[Ответ:  $5 \cdot 10^{-8}$  Дж]

5. Катушка из медной проволоки ( $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м,  $\gamma=8600$  кг/м<sup>3</sup>) имеет сопротивление 10,8 Ом. Масса проволоки 3,41 кг. Сколько метров проволоки и какого диаметра намотано на катушке? [Ответ: 500 м;  $10^{-3}$  м]

### Вариант 30

1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся четыре одинаковых положительных заряда  $q=10^{-8}$  Кл. Сторона шестиугольника 2 см.

[Ответ:  $38 \cdot 10^4$  В/м]



2. Точечный заряд величиной 10 нКл, находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией 10 мкДж. Найти потенциал этой точки поля. [Ответ: 1 кВ]

3. При увеличении напряжения, поданного на конденсатор емкостью 25 мкФ, в 2,6 раза, энергия поля возросла на 0,6 Дж. Найти начальные значения напряжения и энергии поля. [Ответ: 91 В; 0,104 Дж]

4. Шар, погруженный в масло ( $\epsilon=5$ ), имеет потенциал 5000 В и поверхностную плотность заряда  $2 \cdot 10^{-5}$  Кл/м<sup>2</sup>. Найти радиус шара, его заряд, емкость и энергию.

[Ответ:  $1,1 \cdot 10^{-2}$  м;  $3 \cdot 10^{-8}$  Кл;  $6,1 \cdot 10^{-6}$  мкФ;  $7,4 \cdot 10^{-5}$  Дж]

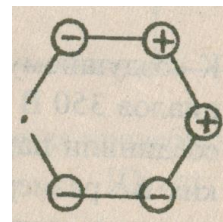
5. В цепь включены параллельно медная и стальная проволоки равной длины и диаметра. Найти: 1) отношение количеств теплоты, выделяющейся в этих проволоках; 2) отношение падений напряжения на этих проволоках. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м; стали -  $1,0 \cdot 10^{-7}$  Ом·м)

[Ответ: 5,9; 1]

### Вариант 31

1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся три отрицательных точечных заряда  $q=3 \cdot 10^{-9}$  Кл и две бесконечно длинные заряженные нити с линейной плотностью заряда  $\tau=2 \cdot 10^{-8}$  Кл/м. Сторона шестиугольника 9 см.

[Ответ:  $9,95 \cdot 10^3$  В/м]



2. При перемещении заряда 20 нКл между двумя точками поля внешними силами совершена работа 4 мкДж. Определить разность потенциалов этих точек поля. [Ответ: 200 В]

3. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $6 \cdot 10^5$  В, приобрела скорость 5400 км/с. Определить массу частицы, если ее заряд

равен  $2e$ .

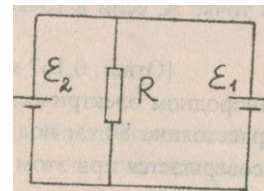
[Ответ:  $1,3 \cdot 10^{-26}$  кг]

4. Расстояние между пластинами плоского конденсатора 7 мм, площадь пластин  $200 \text{ см}^2$ . На сколько увеличится емкость конденсатора, если пространство между пластинами заполнить двумя слоями диэлектриков: парафина ( $\epsilon=2$ ) толщиной 4 мм, и слюды ( $\epsilon=6$ ) толщиной 3 мм?

[Ответ: 45,5 пФ]

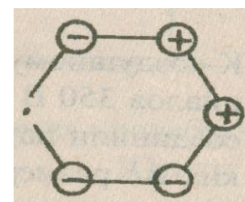
5. В схеме  $\epsilon_1=2 \text{ В}$ ,  $\epsilon_2=4 \text{ В}$ ,  $r_1=r_2=1 \text{ Ом}$ ,  $R=100 \text{ Ом}$ . Найти силу тока в батарее и реостате.

[Ответ:  $I_1=0,85 \text{ А}$ ;  $I_2=1,14 \text{ А}$ ;  $I_3=0,29 \text{ А}$ ]



### Вариант 32

1. Найти напряженность электрического поля в центре правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся три отрицательных точечных заряда ( $q=2,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ) и две бесконечно длинные заряженные нити с линейной плотностью заряда  $\tau=2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}$ . Сторона шестиугольника 9 см.



[Ответ:  $4 \cdot 10^3 \text{ В/м}$ ]

2. Шарик массой 1 г и с зарядом  $10^{-8} \text{ Кл}$  перемещается из точки  $A$ , потенциал которой 600 В, в точку  $B$  с потенциалом 0 В. Чему была равна скорость шарика в точке  $A$ , если в точке  $B$  она стала равна 20 см/с?

[Ответ: 0,167 м/с]

3. Заряд  $q=-10^{-8} \text{ Кл}$  перемещается в однородном электрическом поле напряженностью 400 В/см на расстояние 80 см под углом  $60^\circ$  к направлению поля. Какая совершается при этом работа?

[Ответ:  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ ]

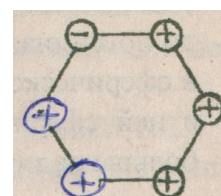
4. Между пластинами плоского конденсатора находятся два слоя диэлектриков: парафин ( $\epsilon=2$ ) толщиной 4 мм и слюда ( $\epsilon=6$ ) толщиной 3 мм. Напряженность электрического поля в парафине  $8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . Найти разность потенциалов между обкладками конденсатора.

[Ответ: 400 В]

5. Найти падение потенциала на медном проводе длиной 500 м и диаметром 2 мм, если сила тока в нем равна 2 А? ( $\rho_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .) [Ответ: 5,4 В]

### Вариант 33

1. Найти напряженность электрического поля в центре





правильного шестиугольника, в вершинах которого находятся три положительных и один отрицательный заряды. Все заряды одинаковые по величине ( $q=3\cdot 10^{-9}$  Кл). Сторона шестиугольника 5 см.

[Ответ:  $3,6\cdot 10^4$  В/м]

2. Найти силу, действующую на заряд  $6,6\cdot 10^{-10}$  Кл, если заряд помещен на расстояние 2 см от заряженной нити с линейной плотностью заряда  $2\cdot 10^{-9}$  Кл/см. Диэлектрическая проницаемость среды равна 6.

[Ответ:  $2\cdot 10^{-5}$  Н]

3. Емкость плоского конденсатора 1,8 мкФ. Расстояние между пластинами 4 мм. Во сколько раз увеличится емкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить стеклянный ( $\epsilon=7$ ) лист толщиной 1 мм?

[Ответ: 1,26]

4. Пять параллельно соединенных одинаковых конденсаторов емкостью по 0,1 мкФ заряжаются до общей разности потенциалов 30 кВ. Определить среднюю мощность разряда, если батарея разряжается за  $1,5\cdot 10^{-6}$  с. Остаточное напряжение 0,5 кВ.

[Ответ:  $1,5\cdot 10^8$  Вт]

5. Найти сопротивление железного стержня диаметром 1 см, если его масса 1 кг ( $\rho=8,7\cdot 10^{-8}$  Ом-м;  $\gamma=7900$  кг/м<sup>3</sup>).

[Ответ:  $18\cdot 10^{-4}$  Ом]

### Вариант 34

1. Найти силу, действующую на заряд  $6,6\cdot 10^{-10}$  Кл, если заряд помещен в поле заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда  $2\cdot 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>. Диэлектрическая проницаемость среды равна 6.

[Ответ:  $12,6\cdot 10^{-5}$  Н]

2. В вершинах квадрата со стороной 15 см находятся четыре одинаковых заряда по  $3\cdot 10^{-10}$  Кл. Чему равен потенциал в центре квадрата?

[Ответ: 101,7 В]

3. Какая совершается работа при перенесении точечного заряда  $2\cdot 10^{-8}$  Кл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 1 см от поверхности шара радиусом 1 см с поверхностной плотностью заряда  $10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>

[Ответ:  $1,3\cdot 10^{-4}$  Дж]

4. Определить емкость и энергию шара, который имеет поверхностную плотность заряда  $2\cdot 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup> и потенциал 10000 В. Шар погружен в керосин ( $\epsilon=2$ ).

[Ответ:  $1,97\cdot 10^{-6}$  мкФ;  $9,8\cdot 10^{-5}$  Дж]

5. Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампы при  $t_1=20^\circ\text{C}$  равно 35,8 Ом. Какова будет температура  $t_2$  нити, если при включении в

цепь с напряжением 120 В по нити идет ток 0,33 А? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ .

[Ответ: 2200 °С]

### Вариант 35

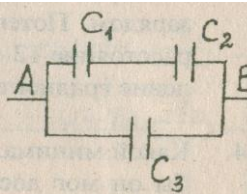
1. Найти силу, действующую на заряд  $6,6 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ , если заряд помещен на расстоянии 2 см от поверхности заряженного шара радиусом 2 см и поверхностной плотностью заряда  $2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/см}^2$ . Диэлектрическая проницаемость среды равна 6.  
[Ответ:  $6,28 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$ ]
2. На расстоянии 10 см от пластины с поверхностной плотностью заряда  $2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/см}^2$  находится точечный положительный заряд  $0,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ . Какая работа совершится, если заряд переместится по силовой линии на расстояние 1 см?  
[Ответ:  $5,65 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ ]
3. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость  $10^5 \text{ м/с}$ . Расстояние между пластинами 8 мм. Найти разность потенциалов между пластинами и поверхностную плотность заряда на них.  
[Ответ:  $2,8 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ ;  $3,1 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ ]
4. К пластинам воздушного конденсатора, каждая из которых имеет площадь  $100 \text{ см}^2$ , приложена разность потенциалов 280 В. Напряженность поля в конденсаторе 560 В/см. Определить поверхностную плотность заряда, емкость конденсатора и его энергию.  
[Ответ:  $4,96 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}^2$ ; 17,7 пФ;  $6,93 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$ ]
5. Три батареи с ЭДС  $\varepsilon_1 = 12 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 5 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 10 \text{ В}$  и одинаковыми внутренними сопротивлениями по 1 Ом соединены между собой одинаковыми полюсами. Какова сила токов, идущих через батареи?  
[Ответ: 3 А; 4 А; 1 А]

### Вариант 36

1. Шесть одинаковых по величине и знаку зарядов  $q$  расположены в вершинах правильного шестиугольника. Какой заряд (по знаку и величине) нужно поместить в центре шестиугольника, чтобы вся система зарядов находилась в равновесии?  
[Ответ:  $1,83q$ ]
2. Точечные заряды  $q_1 = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  и  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  расположены в 3 см друг от друга. Найти потенциал в точке, находящейся на расстоянии 1 см от  $q_1$  и 3 см от  $q_2$ .  
[Ответ: 3000 В]
3. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью  $10^6 \text{ м/с}$ , чтобы его скорость возросла в 2 раза.  
[Ответ: 8,53 В]

4. Проводящий шарик радиусом 2 см наэлектризован до потенциала 90000 В, а затем соединен с Землей проводником. Какое количество энергии выделится в проводнике? [Ответ:  $4,5 \cdot 10^{-3}$  Дж]
5. Разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$  9 В. Имеются два проводника, сопротивления которых 5 и 3 Ом. Найти количество тепла, выделяющееся в каждом из них за 1 с, если провода соединены: 1) последовательно; 2) параллельно. [Ответ: 3,79 Дж; 27 Дж]

### Вариант 37

1. Два шарика одинакового радиуса и веса подвешены на двух нитях так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда  $q_0 = 4 \cdot 10^{-7}$  Кл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол  $60^\circ$ . Расстояние от точки подвеса до центра шарика 20 см. Найти плотность материала шариков, если известно, что при погружении этих шариков в керосин ( $\epsilon = 2$ ) угол расхождения нитей стал равен  $54^\circ$ . Плотность керосина  $800 \text{ кг/м}^3$ . [Ответ:  $2550 \text{ кг/м}^3$ ]
2. Два положительных точечных заряда  $q$  и  $4q$  закреплены на расстоянии 60 см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд  $q$  так, чтобы он находился в равновесии. [Ответ: в 40 см от заряда  $4q$ ]
3. Плоский конденсатор зарядили при помощи источника с напряжением 200 В. Затем конденсатор был отключен от источника. Каким станет напряжение между пластинами, если расстояние между ними увеличить от первоначального 0,2 мм до 0,52 мм, а пространство между пластинами заполнить эбонитом ( $\epsilon = 2,6$ )? [Ответ: 400 В]
4. Три конденсатора соединены, как показано на рисунке. Напряжение, подведенное к точкам  $A$  и  $B$ , равно 250 В,  $C_1 = 1,5 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 3 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 4 \text{ мкФ}$ . Какой заряд накоплен всеми конденсаторами? Чему равна энергия всех конденсаторов?  [Ответ:  $1,25 \cdot 10^{-3}$  Кл; 0,156 Дж]
5. Какая разность потенциалов получается на зажимах двух элементов, включенных параллельно, если их ЭДС равны соответственно 6 и 12 В, а внутренние сопротивления 0,6 и 0,5 Ом? [Ответ: 92,7 В]

### Вариант 38

1. В вершинах шестиугольника со стороной  $a=10$  см расположены точечные заряды  $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$  ( $q=0,1$  мкКл). Найти силу, действующую на точечный заряд  $q$ , находящийся в центре шестиугольника.  
[Ответ: 54 мН]
2. Электростатическое поле создано положительным точечным зарядом. Потенциал поля в точке, удаленной от заряда на расстояние 12 см, равен 24 В. Определить значение и направление градиента потенциала в этой точке.  
[Ответ: 200 В/м; к заряду]
3. В однородное электрическое поле напряженностью 200 В влетает вдоль силовой линии электрон со скоростью 2 Мм/с. Определить расстояние, которое он пройдет до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.  
[Ответ: 4,27 см]
4. Определить емкость конденсатора, для изготовления которого использовали ленту алюминиевой фольги длиной 157 см и шириной 9 см. Толщина парафинированной бумаги ( $\epsilon=2$ ) равна 0,1 мм. Какая энергия запасена в конденсаторе, если он заряжен до рабочего напряжения 400 В?  
[Ответ:  $2,5 \cdot 10^{-8}$  Ф;  $2 \cdot 10^{-3}$  Дж]
5. Потенциал шара, погруженного в керосин ( $\epsilon=2$ ), 9000 В. Поверхностная плотность заряда  $2,2 \cdot 10^{-5}$  Кл/м<sup>2</sup>. Найти емкость и энергию шара.  
[Ответ:  $1,6 \cdot 10^{-12}$  Ф;  $6,48 \cdot 10^{-5}$  Дж]

### Вариант 39

1. Два шарика массой 0,2 г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной 20 см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол  $60^\circ$ . Найти заряд каждого шарика.  
[Ответ: 50,1 нКл]
2. Три одинаковых заряда в 1 нКл расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре треугольника, чтобы его притяжение уравновесило силы взаимного отталкивания?  
[Ответ: 0,577 нКл]
3. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы получить скорость 8 Мм/с?  
[Ответ: 182 В]
4. Точечный заряд 1 нКл, находящийся в воздухе, поместили в диэлектрик (парафин,  $\epsilon=2$ ). На сколько изменится напряженность электрического поля в точке, отстоящей от заряда на 10 см?  
[Ответ: 450 В/м]

5. Катушка из медной проволоки ( $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м,  $\gamma=8600$  кг/м<sup>3</sup>) имеет сопротивление 172,8 Ом. Масса проволоки 3,41 кг. Сколько метров проволоки и какого диаметра намотано на катушке?

[Ответ: 2000 м;  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м]

### Вариант 40

1. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=6$  см от точечного заряда  $q_1=7,5$  нКл и на расстоянии  $r_2=8$  см от точечного заряда  $q_2=14,7$  нКл. Заряды  $q_1$  и  $q_2$  расположены на расстоянии  $r=10$  см друг от друга. Определить силу, с которой поле действует на заряд  $q=2$  нКл, помещенный в эту точку поля.

[Ответ:  $E=2,8 \cdot 10^4$  В/м;  $F=5,6 \cdot 10^{-5}$  Н]

2. Две одинаковые металлические пластины площадью 250 см<sup>2</sup> каждая, находящиеся на расстоянии 1 см друг от друга, заряжены: одна зарядом  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл, а другая  $10^{-8}$  Кл. Найти разность потенциалов между ними.

[Ответ: 113 В]

3. Сфере радиусом 0,1 м сообщен заряд  $10^{-5}$  Кл. Найти энергию поля, заключенного в объеме, ограниченном сферой и концентрической с ней сферической поверхностью радиусом, превышающим в 3 раза радиус сферы.

[Ответ: 3 Дж]

4. Внутри плоского конденсатора с площадью пластин 200 см<sup>2</sup> и расстоянием между ними 0,1 см находится пластина из стекла ( $\epsilon=5$ ), целиком заполняющая пространство между пластинами. Как изменится энергия конденсатора, если удалить стеклянную пластину? Конденсатор все время присоединен к батарее с ЭДС 300 В.

[Ответ:  $3,18 \cdot 10^{-5}$  Дж]

5. 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 и внутреннее сопротивление батареи.

[Ответ: 34,3 В; 1,43 Ом]

Составители:  
Искра Михайловна Дзю  
Александр Павлович Минаев

## **ФИЗИКА**

### **Часть 3**

## **ЭЛЕКТРОСТАТИКА ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК**

Методические указания с заданиями  
для контрольных работ

Редактор *Т.К. Коробкова*  
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подписано в печать ... 2019 г. Формат 60х84  
Объем 2 уч.-издл., усл 2.25 печ.л. Тираж 50 экз.

---

Отпечатано в издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630009, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.  
Тел. (383) 267-0910. E-mail: 2134539@mail.ru