

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Н.Е. Демидова

Г.А. Демидов

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электростатика

Учебное пособие

Нижний Новгород
ННГАСУ
2017

ББК 22.33
Д 30
Д 30
УДК 537.2

Рецензенты:

И.Ю. Демин – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры акустики радиофизического факультета Национального исследовательского ННГУ им.Лобачевского.

Г.А. Малиновская – кандидат технических наук, доцент кафедры математики и системного анализа ФГБОУ ВПО Нижегородского института управления – филиал РАНХиГС.

Демидова Н.Е. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА. Электростатика [Текст]: учебн. пособие / Н.Е. Демидова, Г.А.Демидов; Нижегород. гос. архит.- строит. ун-т;– Н.Новгород: ННГАСУ, 2017. – 47 с. ISBN 978-5-528-00220-0

В пособии кратко изложен теоретический материал, дан список задач с ответами для самостоятельного решения по разделу Электростатика.

Рекомендуется использовать на занятиях по подготовке к сдаче единого государственного экзамена по физике.

Предназначено для слушателей, обучающихся по программам подготовки к поступлению в вуз, а также преподавателям, работающим со слушателями подготовительных курсов.

ББК 22. 33

ISBN 978-5-528-00220-0

© Демидова Н.Е.
© Демидов Г.А.
© ННГАСУ, 2017

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электростатика – раздел электродинамики, в котором рассматриваются свойства и взаимодействие неподвижных в инерциальной системе отсчёта зарядов.

Электрический заряд q – физическая величина, характеризующая свойства тел или частиц вступать в электромагнитные взаимодействия и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях.

Элементарные заряды:

$e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг)

$p = +1,6 \cdot 10^{-19}$ – заряд протона ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг)

Электрический заряд называют *точечным*, если размеры заряженного тела много меньше (\ll) расстояний в данной задаче.

При недостатке электронов тела заряжаются *положительно*. При избытке электронов тела заряжаются *отрицательно*. Между заряженными телами действуют электрические силы. Из опыта известно, что заряды одного знака *отталкиваются* (см. рис. 1а), разных знаков – *притягиваются* (см. рис. 1б).

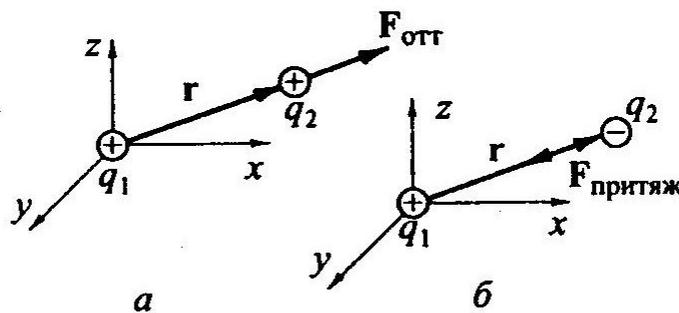


Рис.1. Взаимодействие зарядов

Закон сохранения электрического заряда: в изолированной системе алгебраическая сумма зарядов системы постоянна:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const},$$

где n – число зарядов системы.

У проводников заряд располагается на поверхности. Внутри проводников электрическое поле равно нулю.

Электромметр – прибор для обнаружения и измерения величины заряда (см. рис. 2). Внутри электромметра помещены две лёгкие металлические полоски: подвижная и неподвижная. Если к электромметру прикоснуться заряженным телом, то полоски заряжаются одноимённым зарядом и отталкиваются. Подвижная полоска отклоняется.

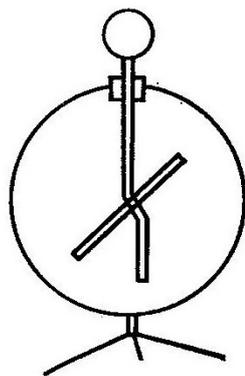


Рис.2 Схематическое представление электромметра

Закон Кулона. Силы взаимодействия двух точечных зарядов пропорциональны отношению произведения модулей этих зарядов к квадрату расстояния между ними:

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

где $\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; $\epsilon = \frac{\vec{F}_0}{\vec{F}}$ – относительная диэлектрическая проницаемость среды, $\epsilon > 1$, ϵ показывает, во сколько раз сила взаимодействия между зарядами q_1 и q_2 в данной среде (\vec{F}) меньше, чем в

вакууме (\vec{F}_0). При взаимодействии зарядов в твёрдом диэлектрике такое определение ϵ неприменимо.

Электромагнитное взаимодействие – взаимодействие между электрическими зарядами.

Электромагнитное поле – форма материи, посредством которой осуществляются электромагнитные взаимодействия.

Электрическое поле – одна из частей электромагнитного поля, создаваемого электрическими зарядами и воздействующее на электрические заряды. Электрическое поле описывается силовыми и энергетическими характеристиками.

Напряжённость электрического поля \vec{E} – силовая характеристика электрического поля:

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

где \vec{F} – сила, действующая со стороны поля на заряд, помещённый в данную точку поля; $[E]=1$ В/м. Если $E = \text{const}$, то поле однородно. Электрическое поле изображают с помощью *силовых линий*.

Силовые линии (линии \vec{E}) – воображаемые линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора напряжённости в этой точке (см. рис.3 – 5).

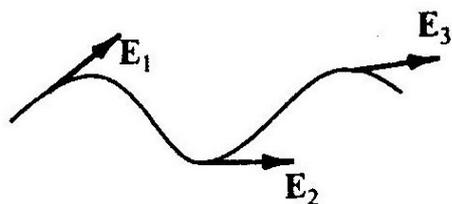


Рис.3. Пример линий напряжённости электрического поля

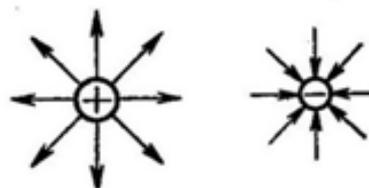


Рис.4. Линии вектора напряжённости электрического поля положительного и отрицательного зарядов

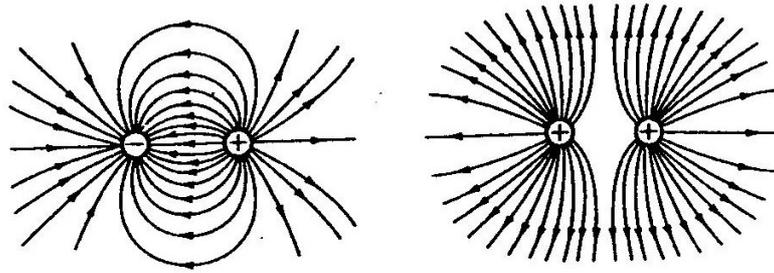


Рис.5. Линии вектора напряжённости электрического поля систем двух зарядов

Свойства силовых линий:

Силовые линии начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных;

Касательные к силовым линиям поверхности проводника всегда перпендикулярны поверхности проводника;

Распределение силовых линий определяет характер поля (*однородное; радиальное; неоднородное*). Чем сильнее электрическое поле, тем гуще силовые линии.

Принцип суперпозиции (наложения) полей: если в данной точке пространства существует несколько электрических полей, то напряжённость результирующего поля равна векторной сумме напряжённостей каждого из этих полей:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i,$$

где n – число полей в данной точке пространства.

Напряжённость электрического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости (рис.6):

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

где $\sigma = \frac{q}{S}$ – поверхностная плотность заряда; $[\sigma] = 1 \text{ Кл/м}^2$.

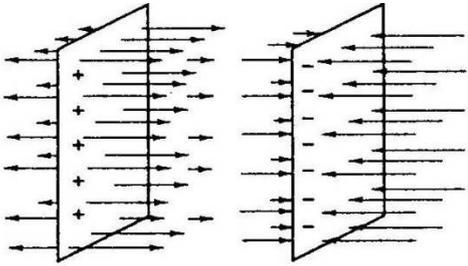


Рис.6. Линии вектора напряжённости электрического поля равномерно заряженных бесконечных плоскостей

Напряжённость электрического поля двух разноимённо заряженных, с одинаковой поверхностной плотностью σ , параллельных плоскостей (рис.7):

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

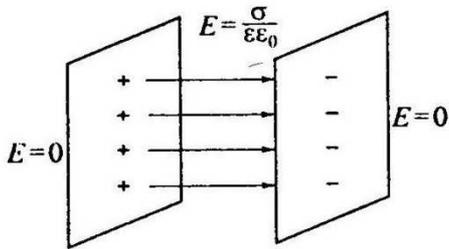


Рис.7. Линии вектора напряжённости электрического поля разноимённо заряженных плоскостей

Вне области между пластинами $\vec{E} = 0$.

Напряжённость электростатического поля точечного заряда на расстоянии r от него (рис.8):

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon r^2}$$

Направление вектора напряжённости определяется знаком заряда.

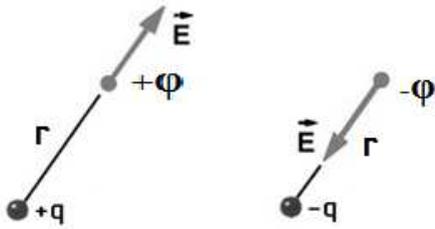


Рис.8 Вектор напряжённости и потенциал электростатического поля точечного заряда на расстоянии r от него

Напряжённость электростатического поля проводящего шара радиусом R и зарядом q , равномерно распределённым по поверхности (рис.9):

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon R^2}.$$

Внутри проводящего шара напряжённость электрического поля равна нулю $E=0$. Вне шара:

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon r^2},$$

где r – расстояние от центра шара.

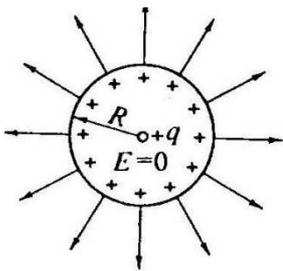


Рис.9. Линии вектора напряжённости электрического поля положительно заряженного шара радиусом R и зарядом q , равномерно распределённым по поверхности

Работа электростатических сил при перемещении электрического заряда, равная убыли потенциальной энергии этого заряда:

$$A = -\Delta W_p = (W_{p1} - W_{p2}).$$

Потенциальная энергия заряда q в однородном поле с напряжённостью E :

$$W_p = -qEx,$$

где x – координата заряда относительно нулевого уровня W_p .

Потенциальная энергия взаимодействия двух зарядов (знаки зарядов учитываются):

$$W_p = \frac{kqq'}{\epsilon r},$$

где r – расстояние между зарядами.



Рис. 10. Зависимость электростатической потенциальной энергии системы двух зарядов от расстояния между ними

Потенциал поля φ в данной точке пространства – его энергетическая характеристика (потенциальная энергия единичного положительного заряда в данной точке пространства):

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

Работа поля по перемещению заряда q из точки 1 в точку 2 поля:

$$A = W_{p1} - W_{p2} = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Разность потенциалов или работа сил электрического поля по перемещению единичного положительного заряда:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}.$$

Если точка 2 находится в бесконечности ∞ (за пределами поля), то $W_{p2}=0$ и $\varphi_2 = 0$, тогда работа поля по перемещению q из точки 1 на бесконечность ∞ :

$$A = \varphi_1 q$$

Потенциал численно равен работе по перемещению единичного положительного заряда из данной точки на ∞ :

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

Если частица с зарядом q и массой m движется в электрическом поле с разностью потенциалов $(\varphi_1 - \varphi_2)$, то поле совершает работу по изменению кинетической энергии частицы:

$$\frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = (\varphi_1 - \varphi_2)q.$$

Потенциал электростатического поля точечного заряда на расстоянии r от него (Рис.8):

$$\varphi = \frac{k(\pm q)}{\epsilon r}.$$

Потенциал электростатического поля шара радиусом R и зарядом q , равномерно распределённым по поверхности:

$$\varphi = \frac{k(\pm q)}{\varepsilon R}.$$

Внутри шара $\varphi = \text{const}$ и равен потенциалу на поверхности шара. Вне шара

$$\varphi = \frac{k(\pm q)}{\varepsilon r},$$

где r – расстояние от центра шара.

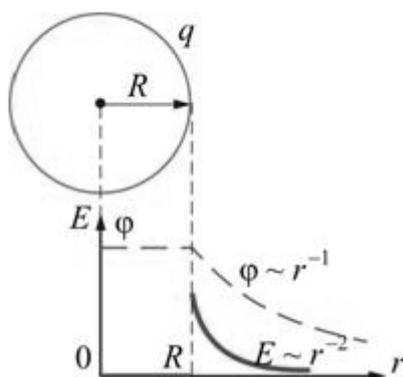


Рис.12. Зависимости потенциала и напряжённости электростатического поля проводящего шара радиусом R и поверхностным зарядом q от расстояния

Принцип суперпозиции (наложения) полей: если в данной точке пространства существует несколько электрических полей, то потенциал результирующего поля равен алгебраической сумме потенциалов каждого из этих полей:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum_{i=1}^n \varphi_i,$$

где n – число полей в данной точке пространства.

Эквипотенциальная поверхность – геометрическое место точек с $\varphi = \text{const}$. Примеры плоских сечений электростатических полей представлены на рисунках 13 – 16, где сплошными линиями показаны сечения эквипотенциальных поверхностей, пунктирными – векторы напряжённости этих полей.

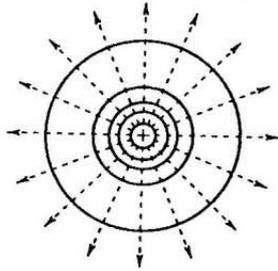


Рис.13.Плоское сечение электростатического поля положительного точечного заряда

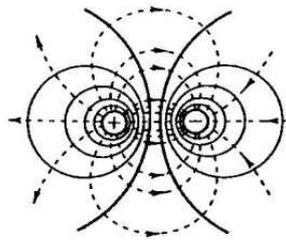


Рис.14. Плоское сечение электростатического поля системы разноимённых зарядов

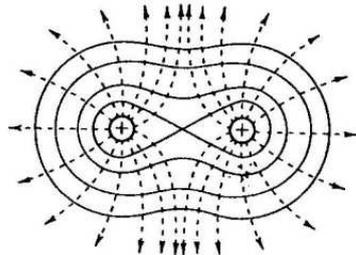


Рис.15.Плоское сечение электростатического поля одноимённых зарядов

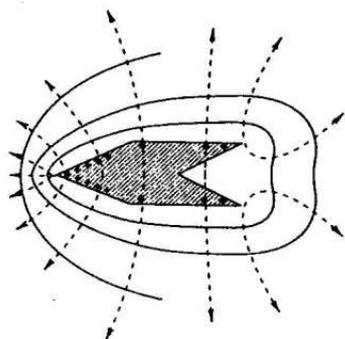


Рис.16.Плоское сечение электростатического поля заряженного проводника сложной конфигурации

Ёмкость, или *ёмкость уединённого проводника*, – отношение сообщённого заряда к потенциалу проводника:

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

Ёмкость зависит от линейных размеров и геометрической формы проводника.

Ёмкость уединённого шара радиусом R :

$$C = \frac{\varepsilon R}{k}.$$

Взаимная ёмкость двух проводников – физическая величина, равная заряду q , который нужно перенести с одного проводника на другой для того, чтобы изменить на единицу разность потенциалов $(\varphi_1 - \varphi_2)$ между ними:

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

Конденсатор – накопитель электрической энергии. Простейший конденсатор состоит из двух проводников (обкладок конденсатора), разделённых диэлектрической прослойкой. Обкладки заряженного конденсатора имеют равные по абсолютному значению и противоположные по знаку заряды.

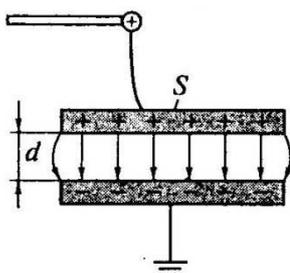


Рис.17.Схематическое представление плоского конденсатора

Плоский конденсатор состоит из параллельных пластин площадью S , находящихся на расстоянии d друг от друга (рис.17). Ёмкость плоского конденсатора:

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

где S – площадь меньшей из пластин; d – расстояние между пластинами.

Параллельное соединение конденсаторов (конденсаторы соединены одноимённо заряженными обкладками):

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n; U_1 = U_2 = \dots = U_n; q_o = q_1 + q_2 + \dots + q_n,$$

где n – число конденсаторов.

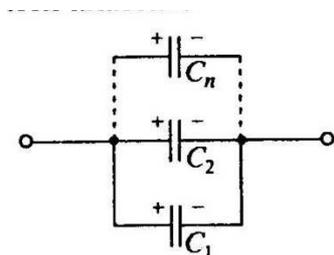


Рис.18. Параллельное соединение ёмкостей

2. Последовательное соединение конденсаторов (конденсаторы соединены разноимённо заряженными обкладками):

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}; q_1 = q_2 = \dots = q_n; U_o = U_1 + U_2 + \dots + U_n,$$

где n – число конденсаторов.

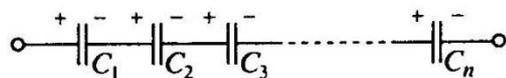


Рис.19. Последовательное соединение ёмкостей

Собственная энергия заряженного проводника:

$$W_p = \frac{C\varphi^2}{2},$$

где C – ёмкость проводника; φ – его потенциал.

Энергия заряженного конденсатора:

$$W_p = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2}.$$

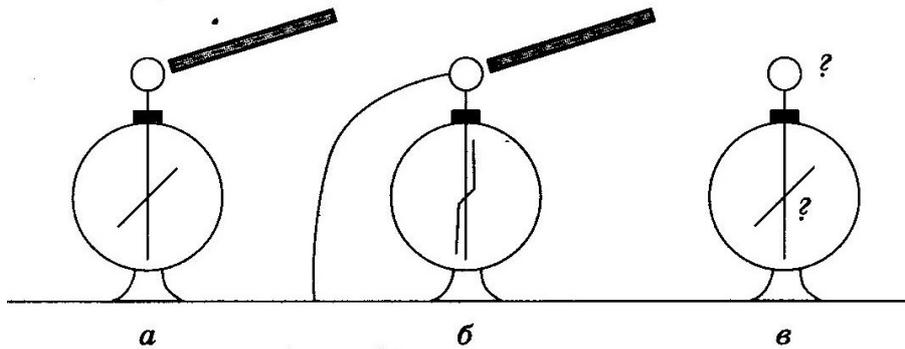
где C – ёмкость конденсатора; $(\varphi_1 - \varphi_2)$ – разность потенциалов между пластинами конденсатора.

Энергия однородного электрического поля, сосредоточенного в объёме V изотропной (одинаковой во всех направлениях) среды:

$$W_p = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V.$$

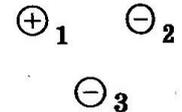
Задачи для самостоятельного решения

1. К шару электрометра поднесли отрицательно заряженную палочку (рис. а), затем этот же человек второй рукой коснулся шара электрометра, заземлив его (рис. б). Затем он снял руку с шара (убрал заземление), после чего убрал и палочку (рис. в). Каков по знаку заряд шара и стрелки?



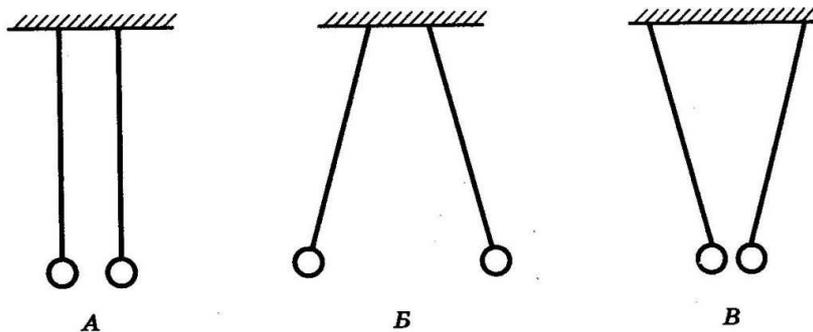
- 1) Заряд шара положительный, стрелки – отрицательный
- 2) Заряд шара и стрелки – положительный
- 3) Заряд шара и стрелки – отрицательный
- 4) Заряд шара отрицательный, стрелки – положительный

2. Какое утверждение о взаимодействии трёх изображённых на рисунке заряженных частиц является правильным?



- 1) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 отталкиваются
- 2) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 отталкиваются
- 3) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 притягиваются
- 4) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 притягиваются

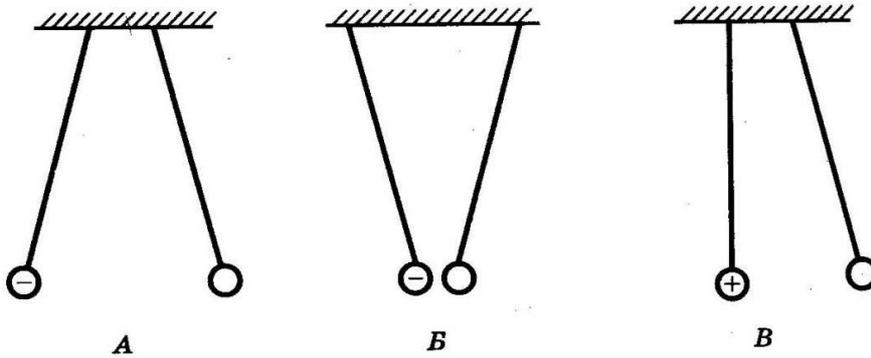
3. Два лёгких одинаковых шарика подвешены на шелковых нитях. Шарики зарядили разноименными зарядами.



На каком из рисунков изображены эти шарики?

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) Б и В

4. Пара легких одинаковых шариков, заряды которых равны по модулю, подвешена на шелковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунках.



Какой из рисунков соответствует ситуации, когда заряд 2-го шарика отрицателен?

- 1) только А 3) только В
2) только Б 4) Аи В

5. Два точечных заряда будут отталкиваться друг от друга только в том случае, если заряды

- 1) одинаковы по знаку и любые по модулю
2) одинаковы по знаку и обязательно одинаковы по модулю
3) различны по знаку и по модулю
4) различны по знаку, но обязательно одинаковы по модулю

6. Два точечных заряда притягиваются друг к другу только в том случае, если заряды:

- 1) одинаковы по знаку и по модулю
2) одинаковы по знаку, но обязательно различны по модулю
3) различны по знаку и любые по модулю
4) различны по знаку, но обязательно одинаковы по модулю

7. Цинковая пластина, имеющая отрицательный заряд $-10e$, при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пластины?

12. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 3 раза?

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

13. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними уменьшить в 3 раза?

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

14. Как необходимо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, если заряд одного из них увеличился в 2 раза, чтобы сила их кулоновского взаимодействия осталась неизменной?

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

15. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами равен F . Чему станет равен модуль этой силы, если заряд одного из тел уменьшится в 3 раза, а другого — увеличится в 3 раза?

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

16. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами равен F . Чему станет равен модуль этой силы, если увеличить заряд одного тела в 3 раза, а второго — в 2 раза?

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

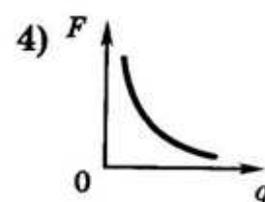
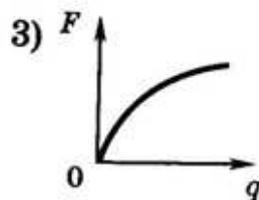
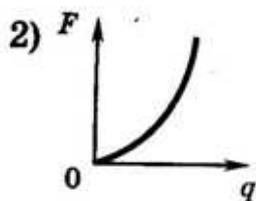
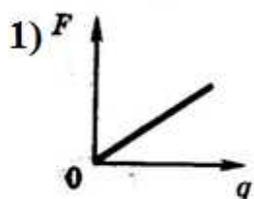
17. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 2 раза, а один из зарядов уменьшили в 4 раза. Сила электрического взаимодействия между ними

- 1) не изменилась
- 2) уменьшилась в 4 раза
- 3) увеличилась в 4 раза
- 4) уменьшилась в 16 раз

18. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, а один из зарядов уменьшили в 3 раза. Сила электрического взаимодействия между ними

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

19. Какой график соответствует зависимости силы взаимодействия F одинаковых точечных зарядов от модуля одного из зарядов q при неизменном расстоянии между ними?



20. Сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов

- 1) прямо пропорциональна расстоянию между ними
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между ними
- 3) прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

21. Два точечных заряда действуют друг на друга с силой 12 Н. Какой будет сила взаимодействия между ними, если уменьшить значение каждого заряда в 2 раза, не меняя расстояния между ними?

- 1) 3 Н 2) 6 Н 3) 24 Н 4) 48 Н

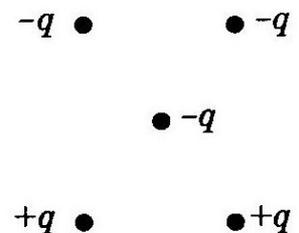
22. Какая из приведенных ниже формул выражает в системе СИ модуль силы действия точечных зарядов $-q_1$ и $+q_2$, расположенных на расстоянии r друг от друга в вакууме? Притягиваются они или отталкиваются?

- 1) $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$; притягиваются
 2) $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$; отталкиваются
 3) $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; притягиваются
 4) $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; отталкиваются

23. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами равен F . Чему станет равен модуль силы, если заряд каждого тела увеличить в n раз?

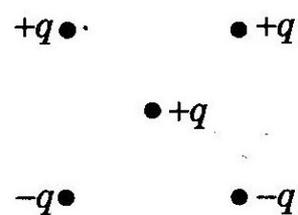
- 1) nF 2) $n^2 F$ 3) $\frac{F}{n}$ 4) $\frac{F}{n^2}$

24. Как направлена кулоновская сила, действующая на отрицательный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$ (см. рисунок)?



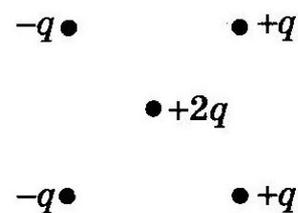
- 1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow

25. Как направлена кулоновская сила, действующая на отрицательный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q$, $+q$, $-q$, $-q$ (см. рисунок)?



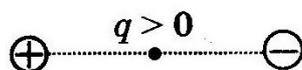
1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow

26. Как направлена кулоновская сила, действующая на отрицательный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q$, $+q$, $-q$, $-q$ (см. рисунок)?



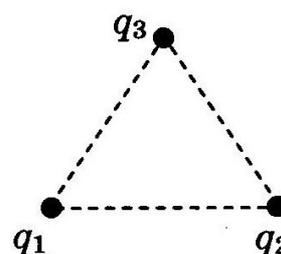
1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow

27. Точечный положительный заряд q помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ?



1) \rightarrow 2) \downarrow 3) \uparrow 4) \leftarrow

28. Три медных шарика диаметром 1 см каждый расположены в воздухе в вершинах правильного треугольника со стороной 20 см. Первый шарик несет заряд $q_1=80$ нКл, второй — $q_2=30$ нКл, а третий — $q_3=40$ нКл. С какой силой второй шарик действует на первый? Ответ выразите в миллиньютонах.



29. Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда $q_{\text{п}}$. Если величину пробного заряда уменьшить в n раз, то модуль напряженности измеряемого поля

1) не изменится

3) уменьшится в n раз

2) увеличится в n раз

4) увеличится в n^2 раз

30. Как изменится модуль напряженности электрического поля, созданного точечным зарядом, при увеличении расстояния от этого заряда до наблюдения в N раз?

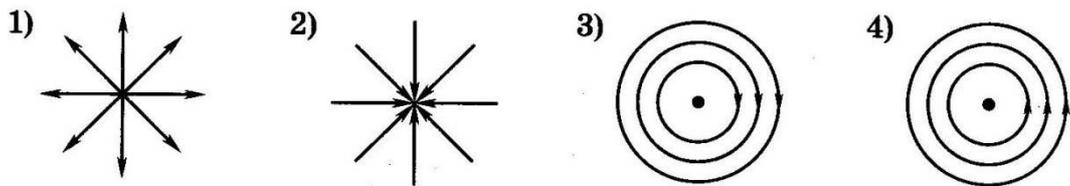
1) увеличится в N раз

2) уменьшится в N раз

3) увеличится в N^2 раз

4) уменьшится в N^2 раз

31. На каком рисунке правильно изображена картина линий напряженности электростатического поля точечного положительного заряда?



32. Пылинка, имеющая положительный заряд 10^{-11} Кл и массу 10^{-6} кг, влетела в однородное электрическое поле вдоль его силовых линий с начальной скоростью 0,1 м/с и переместилась на расстояние 4 см. Какой стала скорость пылинки, если напряженность поля 10^5 В/м?

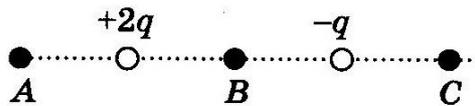
33. Пылинка, имеющая заряд 10^{-11} Кл, влетела в горизонтальное однородное электрическое поле вдоль его силовых линий с начальной скоростью 0,1 м/с и переместилась на расстояние 4 см. Чему равна масса пылинки, если её скорость увеличилась на 0,2 м/с при напряженности поля 10^5 В/м? Ответ выразите в миллиграммах (мг). Действием силы тяжести пренебречь.

34. Пылинка, имеющая массу 10^{-6} кг, влетела в однородное электрическое поле вдоль его силовых линий с начальной скоростью 0,1 м/с и переместилась на расстояние 4 см. Чему равен заряд пылинки, если её скорость увеличилась на 0,2 м/с при напряженности поля $E=10^5$ В/м? Ответ выразите в пикокулонах (пКл).

35. На какое расстояние по горизонтали переместится частица, имеющая массу 1 мг и заряд 2 нКл, за время 3 с в однородном горизонтальном электрическом поле с напряженностью 50 В/м, если начальная скорость частицы равна нулю? Ответ выразите в сантиметрах (см).

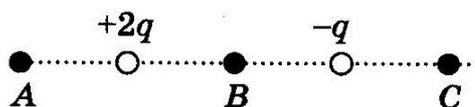
36. Чему равна масса частицы, имеющей заряд 2 нКл, которая переместится на расстояние 0,45 м по горизонтали за время 3 с в однородном горизонтальном электрическом поле напряженностью 50 В/м, если начальная скорость частицы равна нулю? Ответ выразите в миллиграммах (мг).

37. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. В какой из трех точек — A , B или C модуль вектора напряженности электрического поля этих зарядов максимален?



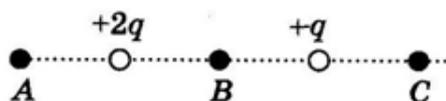
- 1) в точке A
- 2) в точке B
- 3) в точке C
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

38. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. В какой из трех точек — A , B или C — модуль напряженности суммарного электрического поля этих зарядов минимален?



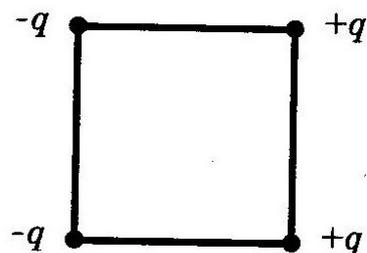
- 1) в точке A
- 2) в точке B
- 3) в точке C
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

39. На рисунке изображено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $+q$. В какой из трех точек — A , B или C — модуль вектора напряженности суммарного электрического поля этих зарядов имеет наибольшее значение?



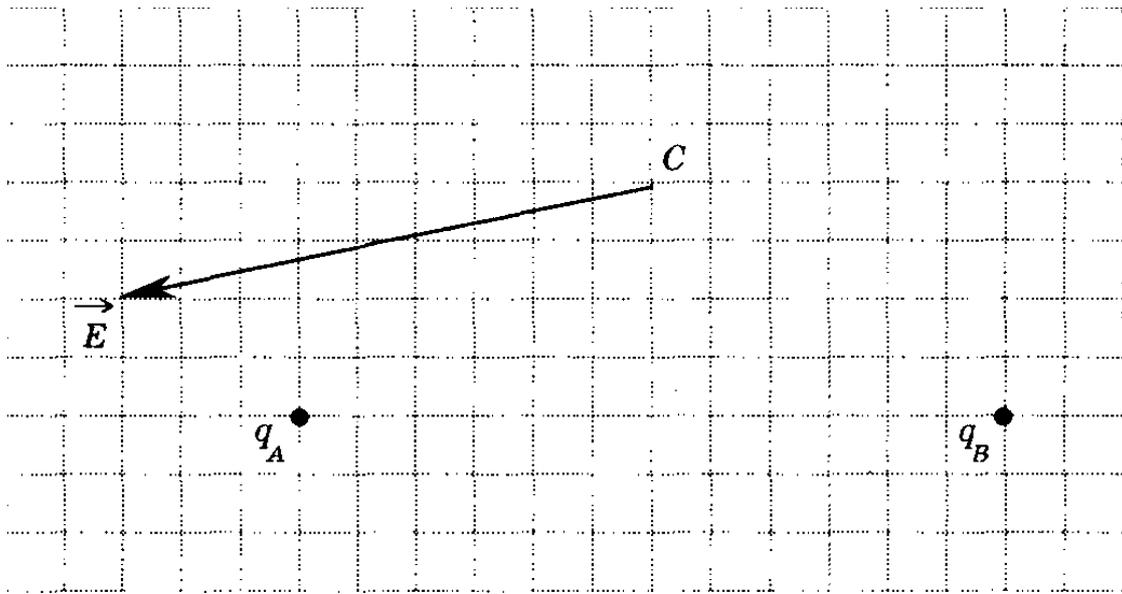
- 1) в точке A
- 2) в точке B
- 3) в точке C
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

40. Как направлен вектор напряженности электрического поля в центре квадрата, созданного зарядами, которые расположены в его вершинах так, как это представлено на рисунке?



- 1) влево
- 2) вправо
- 3) вниз
- 4) вверх

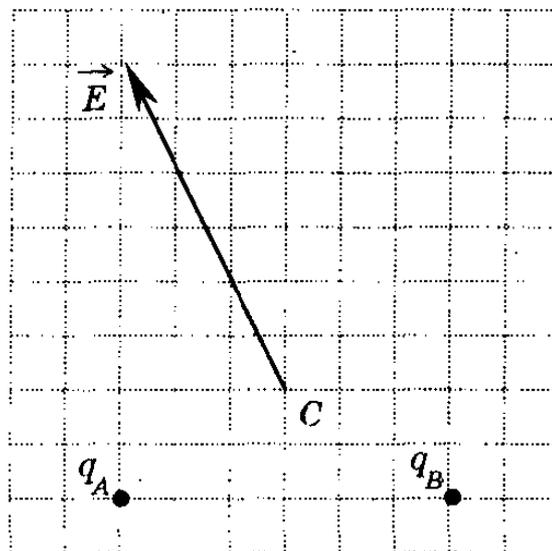
41. На рисунке изображен вектор напряженности E электрического поля в точке C , поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему равен заряд q_B , если заряд q_A равен -2 мкКл?



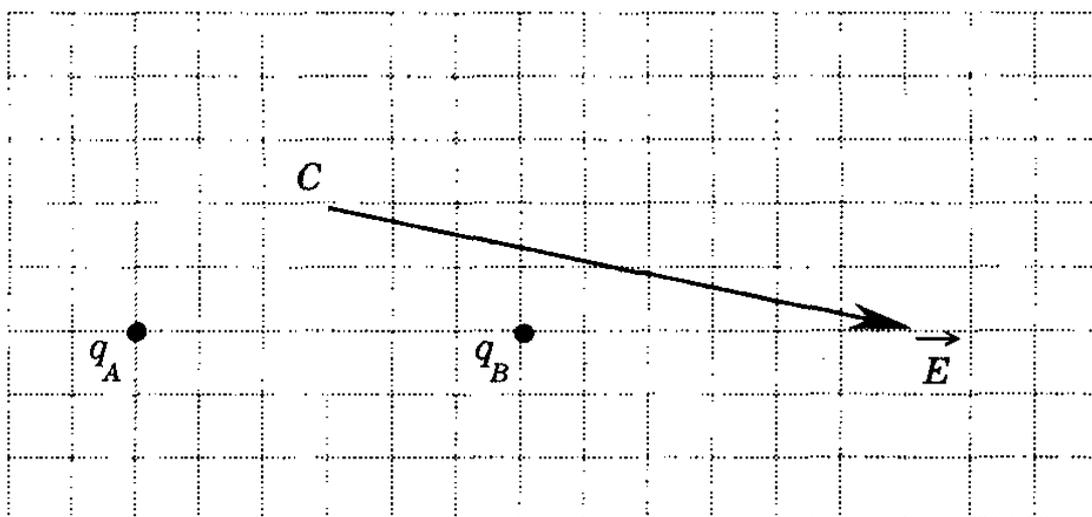
- 1) +1 мкКл 2) +2 мкКл 3) -1 мкКл 4) -2 мкКл

42. На рисунке изображен вектор напряженности E электрического поля] точке C ; поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему примерно равен заряд q_A , если заряд q_B равен +1 мкКл?

- 1) +1 мкКл
2) +2 мкКл
3) -1 мкКл
4) -2 мкКл

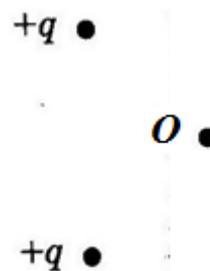


43. На рисунке изображен вектор напряженности электрического поля в точке C ; поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему равен заряд q_B , если заряд q_A равен +1 мкКл?



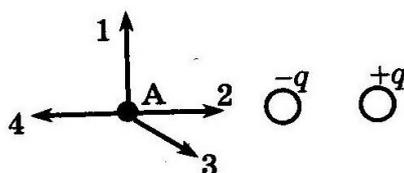
1) $+1$ мкКл 2) $+2$ мкКл 3) -1 мкКл 4) -2 мкКл

44. Какое направление имеет вектор напряженности электрического поля E , созданного двумя равными положительными зарядами в точке O ?



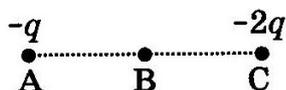
1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow

45. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точек электрических зарядов $-q$ и $+q$. Направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке A соответствует стрелка



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

46. Точка B находится в середине отрезка AC . Неподвижные точечные заряды $-q$ и $-2q$ расположены в точках A и C соответственно (см. рисунок). Какой заряд надо поместить в точку C взамен заряда $-2q$, чтобы напряженность электрического поля в точке B увеличилась 2 раза?

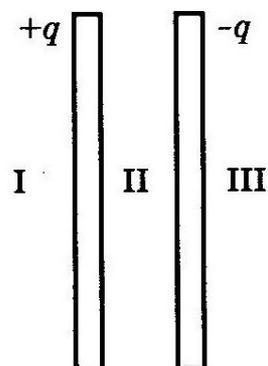


1) $-5q$ 2) $4q$ 3) $-3q$ 4) $3q$

47. Две очень большие квадратные металлические пластины несут заряды $+q$ и $-q$ (см. рисунок). В каких областях пространства напряженность электрического поля, созданного пластинами, равна нулю?

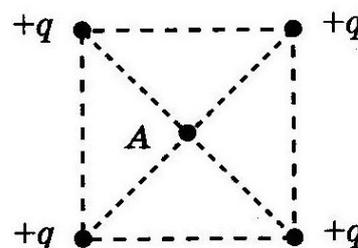
1) только в I) 2) только в III

3) только во II) 4) в I и III

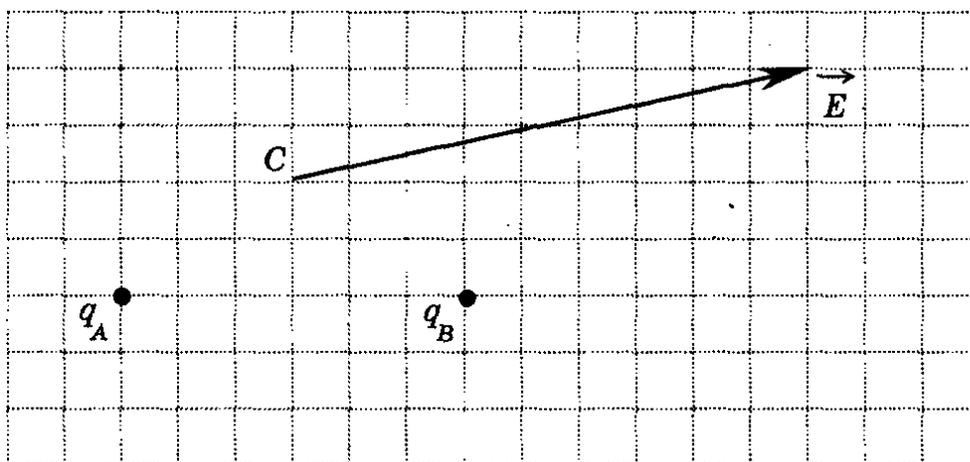


48. Каждый из четырех одинаковых по величине и знаку зарядов, расположенных в вершинах квадрата, создают в точке A электрическое поле, напряженность которого равна E (см. рисунок). Напряженность поля, созданного одновременно этими четырьмя зарядами, в точке A равна

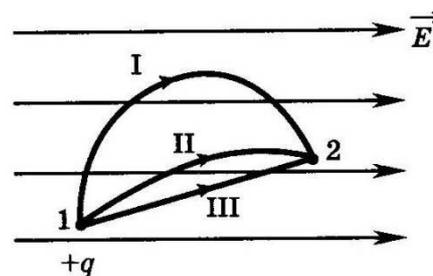
1) 0 2) $4E$ 3) $2\sqrt{2}E$ 4) $4\sqrt{2}E$



49. На рисунке изображен вектор напряженности электрического поля в точке C ; поле создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему примерно равен заряд q_B , если заряд q_A равен $+2$ мкКл? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл).



50. Положительный заряд может перемещаться в однородном электростатическом поле из точки 1 в точку 2 по разным траекториям. При перемещении по какой из траекторий электрическое поле совершает меньшую работу?



- 1) I
- 2) II
- 3) III
- 4) работа одинакова при движении по всем траекториям

51. Какова разность потенциалов для двух точек поля, если при перемещении между ними заряда 12 мКл поле совершает работу 0,36 Дж?

- 1) 0,3 В
- 2) 3 В
- 3) 30 В
- 4) 300 В

52. В электрическую цепь включена медная проволока длиной 20 см. При напряженности электрического поля 50 В/м сила тока в проволоке равна 2 А. К концам проволоки приложено напряжение



- 1) 10 В
- 2) 20 В
- 3) 40 В
- 4) 50 В

53. В точке A потенциал электрического поля равен 200 В, потенциал в точке B равен 100 В. Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении положительного заряда 5 мКл из точки A в точку B?

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

54. В однородном электрическом поле модуль разности потенциалов между двумя точками, расположенными на одной линии напряженности на расстоянии L друг от друга, равен 10 В. Модуль разности потенциалов

междуточками, расположенными на одной линии напряженности на расстоянии $2L$ друг от друга, равен

- 1) 5 В 2) 10 В 3) 20 В 4) 40 В

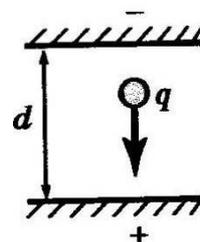
55. Разность потенциалов между точками, находящимися на расстоянии 5 см друг от друга на одной линии напряженности однородного электростатического поля, равна 5 В. Напряженность поля равна

- 1) 1 В/м 2) 100 В/м 3) 25 В/м 4) 0,25 В/м

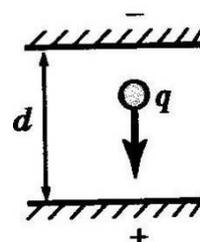
56. При лечении электростатическим душем к электродам электрической машины прикладывается разность потенциалов 10 кВ. Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 3,6 кДж?

- 1) 36 мКл 2) 0,36 Кл 3) 36 МКл 4) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

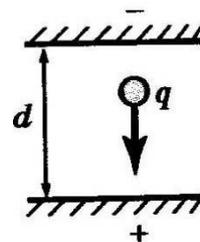
57. Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии 1 см друг от друга. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, ее заряд $8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком напряжении на пластинах скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.



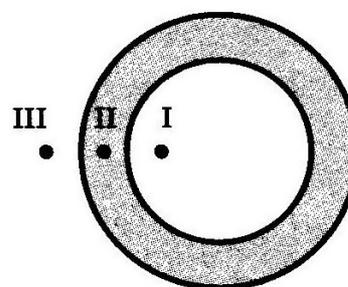
58. Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии d друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, ее заряд $8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком расстоянии между пластинами скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в сантиметрах (см).



59. Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d=1$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг. При каком значении заряда капли ее скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в пикокулонах (10^{-12} Кл).

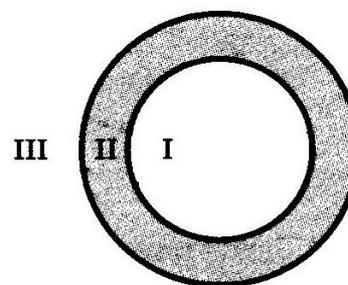


60. Проводящему полому шару с толстыми стенками сообщили положительный заряд. На рисунке показано сечение шара. Потенциал бесконечно удаленных от шара точек считать равным нулю. В каких точках потенциал электрического поля шара равен нулю?



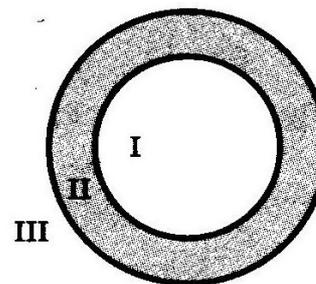
- 1) только в I
- 2) только во II
- 3) только в III
- 4) таких точек нет на рисунке

61. На рисунке изображено сечение уединенного заряженного проводящего полого шара. I— область полости, II — область проводника, III — область вне проводника. Напряженность электрического поля, созданного этим шаром, равна нулю



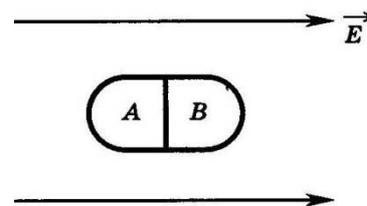
- 1) только в области I
- 2) только в области II
- 3) в областях I и II
- 4) в областях II и III

62. На рисунке изображено сечение уединенного проводящего полого шара. I — область полости, II — область проводника, III — область вне проводника. Шару сообщили отрицательный заряд. В каких областях пространства напряженность электрического поля, создаваемого шаром, отлична от нуля?



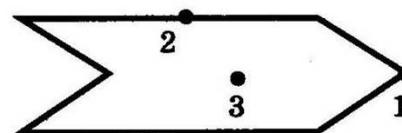
- 1) только в I
- 2) только во II
- 3) только в III
- 4) в I и II

63. Незаряженное металлическое тело внесено в однородное электростатическое поле, а затем разделено на части A и B. Какими электрическими зарядами будут обладать эти части после разделения?



- 1) A — положительным, B — отрицательным
- 2) A — отрицательным, B — положительным
- 3) обе части останутся нейтральными
- 4) обе части приобретут одинаковый заряд

64. Металлическому полному телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщен отрицательный заряд. Каково соотношение между потенциалами точек 1, 2 и 3, если тело помещено в однородное электростатическое поле?

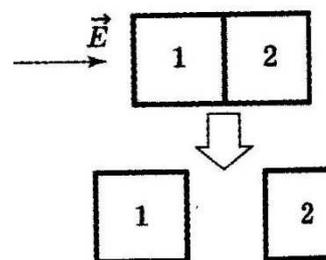


- 1) $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$ 3) $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$
- 2) $\varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$ 4) $\varphi_2 > \varphi_1, \varphi_2 > \varphi_3$

65. Как изменится сила электростатического взаимодействия двух электрических зарядов при перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью 81, если расстояние между ними останется прежним?

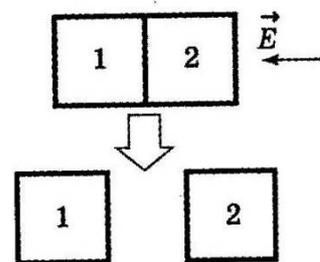
- 1) уменьшится в 81 раз
- 2) увеличится в 81 раз
- 3) уменьшится в 9 раз
- 4) увеличится в 9 раз

66. Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?



- 1) заряды первого и второго кубиков положительны
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 3) заряды первого и второго кубиков равны нулю
- 4) заряд первого кубика отрицателен, заряд второго положителен

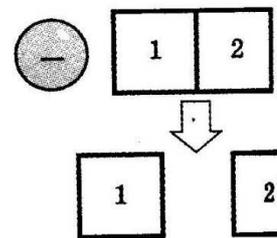
67. Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально влево, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?



- 1) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 2) заряды первого и второго кубиков равны нулю

- 3) заряды первого и второго кубиков положительны
- 4) заряд первого кубика положителен, заряд второго — отрицателен

68. Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле отрицательно заряженного шара, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали заряженный шар (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?



- 1) заряды первого и второго кубиков положительны
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 3) заряд первого кубика положителен, заряд второго — отрицателен
- 4) заряды первого и второго кубиков равны нулю

69. Если заряд каждой из обкладок конденсатора увеличить в n раз, то емкость

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

70. Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок увеличить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

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

71. Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними увеличить в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза
- 3) не изменится

- 2) уменьшится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

72. Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок и расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

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

73. Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если расстояние между его обкладками увеличить в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза 3) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

74. Как изменится электроёмкость плоского воздушного конденсатора, если расстояние между его пластинами уменьшить в 2 раза?

- 1) увеличится в 4 раза 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

75. Плоский воздушный конденсатор имеет ёмкость C . Как изменится его ёмкость, если расстояние между его пластинами уменьшить в 3 раза?

- 1) увеличится в 3 раза \
2) уменьшится в 3 раза
3) увеличится в 9 раз
4) уменьшится в 9 раз

76. Как надо изменить заряд на обкладках плоского конденсатора, чтобы после увеличения зазора между обкладками в 3 раза напряженность электрического поля в зазоре уменьшилась вдвое?

- 1) увеличить в 4 раза
2) оставить прежним
3) уменьшить в 2 раза

4) увеличить в 2 раза

77. Первый конденсатор емкостью $3C$ подключен к источнику тока с ЭДС ε , а второй — емкостью C подключен к источнику с ЭДС 3ε . Отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого равно

- 1) 1 2) $\frac{1}{3}$ 3) 3) 9

78. Как изменится энергия электрического поля конденсатора, если напряжение на его обкладках увеличить в 2 раза?

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

79. Как изменится энергия электрического поля конденсатора, если заряд на его обкладках уменьшить в 2 раза?

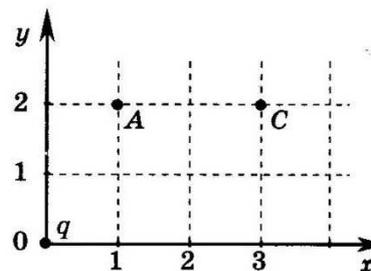
- 1) не изменится
 2) уменьшится в 2 раза
 3) уменьшится в 4 раза
 4) увеличится в 2 раза

ОТВЕТЫ

№№	ответ								
1	2	17	4	33	1	49	-1	65	1
2	4	18	4	34	10	50	4	66	3
3	3	19	1	35	45	51	3	67	2
4	1	20	4	36	1	52	1	68	4
5	1	21	1	37	2	53	1	69	3
6	3	22	3	38	3	54	3	70	4
7	2	23	2	39	1	55	2	71	4
8	3	24	4	40	1	56	2	72	1
9	4	25	4	41	1	57	5 000	73	2
10	3	26	2	42	2	58	1	74	2
11	3	27	1	43	4	59	80	75	1
12		28	0,54	44	1	60	4	76	3
13	3	29	1	45	2	61	3	77	3
14	3	30	4	46	3	62	3	78	3
15	4	31	1	47	4	63	2	79	3
16	3	32	0,3	48	1	64	1		

Задачи с развёрнутым ответом

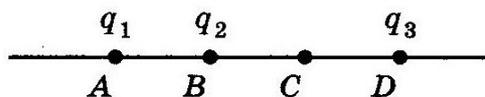
1. Точечный заряд q , помещенный в начало координат, создает в точке A (см. рисунок) электростатическое поле напряженностью $E_A = 65$ В/м. Определите значение модуля напряженности поля E_B в точке C .



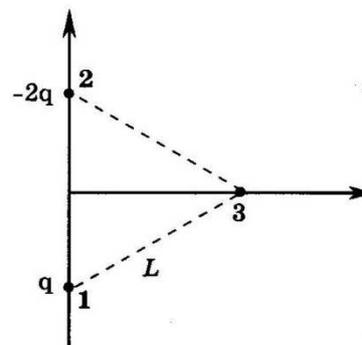
Ответ: $E_B = 25$ В/м.

2. Точки A , B , C и D расположены на прямой и разделены равными промежутками L (см. рисунок). В точке A помещен заряд $q_1 = 8 \cdot 10^{-12}$ Кл, в точке B – заряд $q_2 = -5 \cdot 10^{-12}$ Кл. Какой заряд q_3 надо поместить в точку D , чтобы напряженность поля в точке C была равна нулю?

Ответ: $q_3 = -5 \cdot 10^{-12}$ Кл.



3. В двух вершинах (точках 1 и 2) равностороннего треугольника со стороной L (см. рисунок) помещены заряды q и $-2q$. Каковы направление и модуль вектора напряженности электрического поля в точке 3, являющейся третьей вершиной этого треугольника? Известно, что точечный заряд q создает на расстоянии L электрическое поле напряженностью $E = 10$ мВ/м.



Ответ: $E_3 \approx 17$ мВ/м.

4. Конденсатор состоит из двух неподвижных, вертикально расположенных, длинных ($L \gg d$) параллельных, разноименно заряженных пластин. Пластины расположены на расстоянии $d = 5$ см друг от друга. Напряжённость поля внутри конденсатора равна $E = 10^4$ В/м. Между

пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом $q=10^{-5}$ Кл и массой $m=20$ г. После того как шарик отпустили, он начинает падать и ударяется об одну из пластин. Насколько уменьшится высота шарика Δh к моменту его удара?

Ответ: $E_3 \approx 17$ мВ/м.

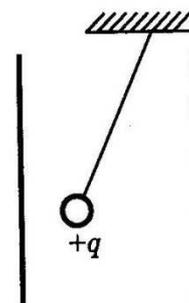
5. Конденсатор состоит из двух неподвижных, вертикально расположенных, длинных, параллельных, разноименно заряженных пластин. Пластины расположены на расстоянии $d=5$ см друг от друга. Напряженность поля внутри конденсатора равна $E=10^4$ В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом $q=10^{-5}$ Кл и массой $m=20$ г. После того как шарик отпустили, он начинает падать и через некоторое время ударяется об одну из пластин. Оцените время падения Δt шарика.

Ответ: $E_3 \approx 17$ мВ/м.

6. Отрицательно заряженная пластина, создающая вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью $E=10^4$ В/м, укреплена на горизонтальной плоскости. На нее с высоты $H=10$ см падает шарик массой $m=20$ г, имеющий положительный заряд $q=10^{-5}$ Кл. Какой импульс шарик передаст пластине при абсолютно упругом ударе?

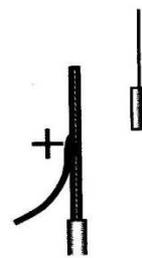
Ответ: $E_3 \approx 17$ мВ/м.

7. Маленький шарик с зарядом $q=4 \cdot 10^{-7}$ Кл и массой 3 г, подвешенный на невесомой нити с коэффициентом упругости 100 Н/м, находится между вертикальными пластинами плоского воздушного конденсатора. Расстояние между обкладками конденсатора 5 см. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора, если удлинение нити 0,5 мм?



Ответ: 5000 В.

8. Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы и объясните его.

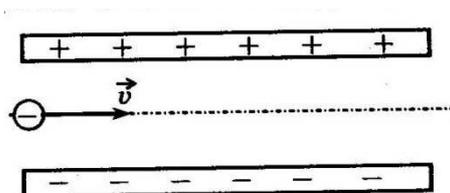


Образец возможного решения

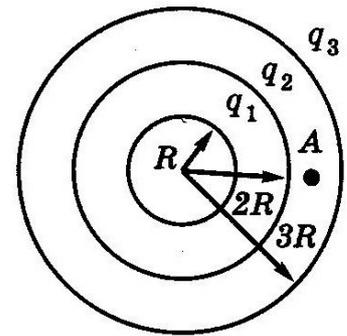
Поскольку сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны гильзы, и гильза будет двигаться к пластине, пока не коснется ее. В момент касания часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину, гильза приобретет положительный заряд и оттолкнется от одноименно заряженной пластины. Гильза отклонится вправо и зависнет в положении, в котором равнодействующая всех сил равна нулю.

9. Пылинка, имеющая массу 10^{-8} г и заряд $(-1,8) \cdot 10^{-14}$ Кл, влетает в электрическое поле конденсатора в точке, находящейся посередине между его пластинами (см. рисунок). Чему должна быть равна минимальная скорость, с которой влетает пылинка в конденсатор, чтобы она смогла пролететь его насквозь? Длина пластин конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 1 см, напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. Силой тяжести пренебречь. Система находится в вакууме.

Ответ: $V_0=30$ м/с.

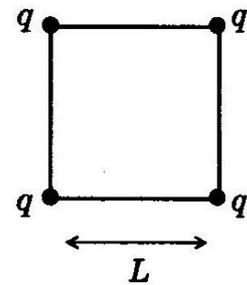


10. Точечный заряд q создает на расстоянии R электрическое поле с напряженностью $E_0=63$ В/м. Три концентрические сферы радиусами $R, 2R$ и $3R$ несут равномерно распределенные по их поверхностям заряды $q_1=+2q$, $q_2=-q$ и $q_3=+q$ соответственно (см. рисунок). Чему равно значение напряженности поля в точке A , отстоящей от центра сфер на расстояние $2,5R$?



Ответ: $E \approx 10$ м/с.

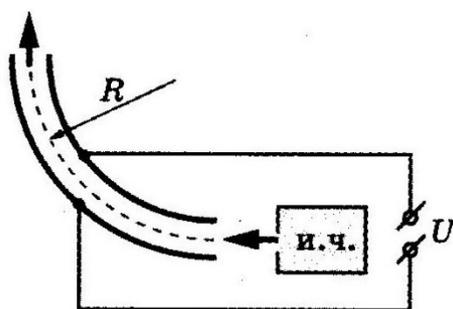
11. Четыре одинаковых заряда q расположены в одной плоскости в вершинах квадрата со стороной L и удерживаются в равновесии связывающими их не проводящими ток нитями (см. рисунок). Сила отталкивания соседних зарядов $F_0=20 \cdot 10^{-3}$ Н. Чему равно натяжение каждой из нитей T ?



Ответ: $T=2,7 \cdot 10^{-2}$ Н.

12. На рисунке ниже показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц для последующего детального исследования. Устройство представляет собой конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиуса $R \approx 50$ см. Предположим, что в промежуток между обкладками конденсатора из источника заряженных частиц (и.ч.) влетают ионы с зарядом e , как показано на рисунке. Напряженность электрического поля в конденсаторе по модулю равна 50 кВ/м. Скорость ионов $2 \cdot 10^5$ м/с. Ионы с каким значением массы пролетят сквозь конденсатор, не коснувшись его пластин? Считать, что расстояние между обкладками конденсатора мало, напряженность электрического поля в конденсаторе всюду одинакова по модулю, а вне конденсатора электрическое поле отсутствует. Влиянием силы тяжести пренебречь.

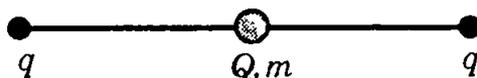
Ответ: $m=10^{-25}$ кг.



13. Полый шарик массой $m=0,4$ г с зарядом $q=8$ нКл движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Траектория шарика образует с вертикалью угол $\alpha=45^\circ$. Чему равен модуль напряжённости электрического поля E ?

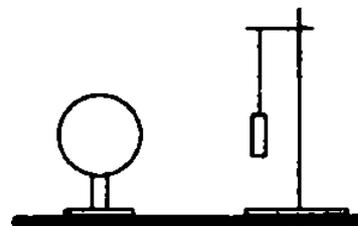
Ответ: $E=500$ кВ/м.

14. По гладкой горизонтальной направляющей длиной $2l$ скользит бусинка с положительным зарядом $Q>0$ и массой m . На концах направляющей закреплены положительные заряды $q>0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен T . Чему будет равен период колебаний бусинки, если её заряд увеличить в 2 раза?



Ответ: $T' = \frac{T}{\sqrt{2}}$.

15. Лёгкая трубочка из тонкой алюминиевой фольги подвешена к штативу на тонкой шёлковой нити. Что произойдёт с трубочкой, когда вблизи неё окажется отрицательно заряженный шар? Трубочка не заряжена, длина нити не позволяет трубочке коснуться шара. Ответ обоснуйте, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.



Образец возможного решения

Свободные электроны, равномерно распределённые на поверхности металлической трубочки, в результате отталкивания, вызванного действием электростатического поля заряженного шара, перетекут на удалённую от шара поверхность трубочки. На приближённой к шару поверхности останутся положительно заряженные ионы. Отрицательный заряд электронов трубочки равен положительному заряду ионов трубочки. Согласно закону Кулона сила взаимодействия зарядов уменьшается с увеличением расстояния между ними:

$F \sim \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$. Поэтому сила притяжения к шару положительного заряда ионов

будет больше силы отталкивания отрицательного заряда электронов. Трубочка притянется к шару, и нить подвеса станет наклонной.

Ответ: Трубочка притянется к шару, и нить подвеса станет наклонной.

Справочный материал

Десятичные приставки

<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Множитель</i>	<i>Наименование</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Множитель</i>
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	Д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

Число π	$\pi \approx 3,14$
Ускорение свободного падения у поверхности Земли	$g \approx 10 \text{ м/с}^2$
Коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Элементарный заряд	$e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Список использованной литературы

1. Политехнический словарь/ гл.ред. А.Ю. Ишлинский. – Москва :Сов. энцикл., 1980. –656 с.
2. Демидова, М. Ю. ЕГЭ 2010. Физика: экзаменационные задания/ М. Ю. Демидова, И.И. Нурминский. – Москва: Эксмо, 2010. – 304 с.
3. Самое полное издание типовых вариантов заданий ЕГЭ: 2012 : Физика / авт.-сост. В.А. Грибов. – Москва : АСТ: Астрель, 2012. – 138 с.
4. Самое полное издание типовых вариантов заданий ЕГЭ: 2013 : Физика / авт.-сост. В.А. Грибов. –Москва : АСТ: Астрель, 2013. – 186 с.
5. Яворский, Б.М. Физика. Справочное руководство для поступающих в вузы / Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнёв. –Москвкв : Физматлит, 2004. – 592 с.
6. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг. – Москва : Мир, 1985. – 520 с.

Содержание

ЭЛЕКТРОСТАТИКА	3
Задачи для самостоятельного решения	15
ОТВЕТЫ.....	37
Задачи с развёрнутым ответом.....	38
Справочный материал.....	44
Список использованной литературы.....	45

Демидова Наталия Евгениевна

Демидов Григорий Андреевич

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Электростатика

Учебное пособие

Подписано в печать _____ Формат 60*90 1/16 Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Уч. изд. л. 2,8. Уч. печ. л. 2,9. Тираж 300 экз. Заказ № _____

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

[http : // www. nngasu.ru](http://www.nngasu.ru), srec@nngasu.ru