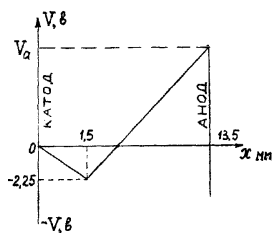
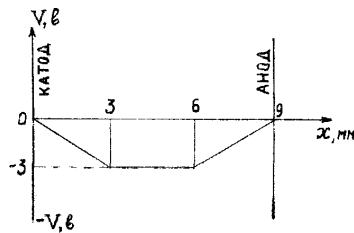


1. Полый медный шар имеет радиус 10 см и массу 1 кг. Какую часть электронов надо из него удалить, чтобы зарядить его до потенциала миллиард вольт?
2. На поверхности шара радиусом 2 см равномерно распределён положительный заряд  $10^{-10}$  Кл. Электрон, находящийся очень далеко от шара, имеет начальную скорость  $v_0 = 0$ . С какой скоростью подойдёт он к шару?
3. Два электрона, первоначально находившиеся на расстоянии 1 см друг от друга и имевшие нулевые скорости, движутся под действием сил электрического отталкивания. Какую скорость будут они иметь, когда расстояние между ними станет бесконечно большим?
4. Неподвижно закреплённый шарик заряжен положительно и находится над шариком, заряженным отрицательно. Заряды шариков одинаковы, масса каждого равна 0,01 г, радиус 1 мм и расстояние между центрами 20 мм. Какой должна быть разность их потенциалов, чтобы верхний шарик мог поднять нижний?
5. Электрон влетает параллельно пластинам в плоский конденсатор, поле в котором  $E = 60$  В/см. Найдите изменение модуля скорости электрона к моменту вылета его из конденсатора, если начальная скорость  $v_0 = 2 \cdot 10^7$  м/с, а длина пластины конденсатора  $l = 6$  см.
6. Энергию быстрых частиц часто выражают в электрон-вольтах (эВ). Электронвольт — это энергия, которую приобретает электрон, пройдя в электрическом поле разность потенциалов 1 В. Выразите электрон-вольт в джоулях.
7. Потенциалы точек  $A$  и  $B$ , расположенных на одной силовой линии поля точечного заряда, равны 30 В и 20 В. Найдите потенциал точки  $C$ , лежащей посередине между  $A$  и  $B$ .
8. Заряд 0,1 Кл удалён от заряда 0,2 Кл на расстояние 20 м. Чему равен потенциал поля в середине отрезка, соединяющего заряды?
9. В вершинах квадрата со стороной  $l$  находятся четыре заряда  $q$ . Чему равен потенциал поля в центре квадрата?
10. Заряды  $10^{-9}$  Кл каждый находятся в углах квадрата со стороной 10 см. Найдите разность потенциалов между центром квадрата и серединой одной из сторон.
11. Три точечных заряда  $q$  находятся на большом расстоянии друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы расположить их в вершинах правильного треугольника со стороной  $l$ ?
12. Четыре точечных заряда  $q$  находятся на большом расстоянии друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы расположить их в вершинах тетраэдра с ребром  $l$ ?
13. Четыре точечных заряда  $q$  находятся на большом расстоянии друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы расположить их в вершинах квадрата со стороной  $l$ ?
14. Восемь точечных зарядов  $q$  находятся на большом расстоянии друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы расположить их в вершинах куба с ребром  $l$ ?
15. Потенциал заряженного проводника 300 В (относительно бесконечности). Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы улететь с поверхности проводника на бесконечно далекое расстояние?
16. Четыре одноимённых точечных заряда  $q$  расположены вдоль одной прямой на расстоянии  $l$  друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы поместить их в вершинах тетраэдра с ребром  $l$ ?
17. Два электрона находятся на бесконечно большом расстоянии один от другого, причём один электрон вначале покоится, а другой имеет скорость  $v$ , направленную к первому. Масса электрона  $m$ , заряд  $e$ . Определить наименьшее расстояние, на которое они сблизятся.
18. Два одноимённых точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$  с массами  $m_1$  и  $m_2$  движутся навстречу друг другу. В момент, когда расстояние между зарядами равно  $l$ , они имеют скорости  $v_1$  и  $v_2$ . До какого минимального расстояния сблизятся заряды?
19. На два длинных гладких параллельных стержня, расположенных в горизонтальной плоскости на расстоянии  $l$  друг от друга, нанизаны две одинаковые бусинки массой  $m$  каждая, заряженные одноименными зарядами  $Q$  и  $q$ . В начальный момент одна из бусинок покоится а другую издали запускают в её сторону с некоторой начальной скоростью. При какой величине этой скорости она обгонит первоначально покоящуюся бусинку? Трения нет.

20. Три одинаковых маленьких одноимённо заряженных шарика, каждый с зарядом  $q$  и массой  $m$ , связаны тремя нерастяжимыми нитями, каждая длиной  $l$ . Шарика неподвижны и расположены на гладкой горизонтальной поверхности, образуя правильный треугольник. Одна из нитей пережигается. Какие скорости будут иметь шарика в тот момент, когда они будут располагаться на одной прямой?
21. Три одинаковых маленьких одноимённо заряженных шарика, каждый зарядом  $q$  и массой  $m$ , связаны двумя нерастяжимыми нитями, каждая длиной  $l$ . Шарика неподвижны и расположены на гладкой горизонтальной поверхности на одной прямой. Какую минимальную скорость  $v$  необходимо сообщить центральному шарика, чтобы при дальнейшем движении шарика смогли образовать равносторонний треугольник?
22. С какой скоростью достигают анода электронной лампы вылетающие из катода электроны, если напряжение между катодом и анодом равно 200 В? Начальной скоростью электронов можно пренебречь.
23. Электрон вылетел из точки, потенциал которой 600 В, со скоростью  $12 \cdot 10^6$  м/с. Определите потенциал точки, в которой электрон остановился.
24. Определите разность потенциалов электрического поля между точками 1 и 2, если известно, что электрон, двигаясь в этом электрическом поле в отсутствие других сил, в точке 1 имел скорость  $10^9$  см/с, а в точке 2 — скорость  $2 \cdot 10^9$  см/с. Чему была бы равна скорость электрона в точке 2, если бы в точке 1 электрон имел нулевую скорость?
25. Из-за наличия объёмного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода распределение потенциала между катодом и анодом имеет вид  $\varphi(x) = x^2 - 2x$  ( $x$  — в мм, а  $\varphi$  — в вольтах). Расстояние между катодом и анодом  $d = 10$  мм. Координата  $x$  совпадает с расстоянием до катода. Определите, при какой минимальной кинетической энергии электрон с поверхности катода сможет достичь анода. Каким будет максимальное ускорение электронов, которые достигнут анода?
26. Из-за наличия объёмного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода при напряжении на аноде  $V_a = 33,75$  В устанавливается распределение потенциала, показанное на рисунке. Какой минимальной энергией должен обладать электрон у поверхности катода, чтобы он смог достигнуть анода? Чему равно время пролёта таких электронов?
27. Из-за наличия объёмного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода устанавливается распределение потенциала, показанное на рисунке. Электрон, двигаясь от катода к аноду вдоль оси  $x$ , достигает у поверхности анода кинетической энергии  $W = 4$  эВ. Определить время пролёта такого электрона от катода к аноду.



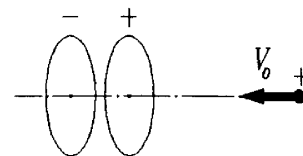
Задача 26



Задача 27

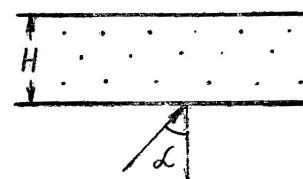
28. Могут ли силовые линии электростатического поля быть замкнутыми?
29. Диполь находится в электростатическом поле. Чтобы унести его на бесконечность, нужно совершить работу  $A$ . Какую работу нужно совершить, чтобы перевернуть его на  $180^\circ$ ?
30. По тонкому кольцу радиуса  $R$  равномерно распределён заряд  $+Q$ . Найти скорость отрицательного точечного заряда  $-q$  в момент прохождения через центр кольца, если первоначально он находился в покое в достаточно далёкой от кольца точке на оси. Масса точечного заряда  $m$ . Кольцо неподвижно.

- 31\* Два закреплённых одинаковых тонких металлических кольца расположены соосно на некотором расстоянии друг от друга. Кольца заряжены равными по модулю, но противоположными по знаку зарядами. Для пролёта вдоль прямой, проходящей через центры колец перпендикулярно их плоскостям, заряженной частице необходима некоторая минимальная скорость  $v_0$  на большом удалении от колец. Найти отношение максимальной скорости частицы к минимальной во время пролёта этой частицей колец, если скорость частицы на большом расстоянии от колец будет в  $n$  раз больше  $v_0$ .



32. Плоский конденсатор с размерами пластин  $1 \times 1$  м и расстоянием между ними  $d_1 = 0,5$  мм заряжен до разности потенциалов  $V_1 = 10$  В и отключён от источника. Какова будет разность потенциалов  $V_2$ , если пластины раздвинуть до расстояния  $d_2 = 5$  мм?
33. Электрон влетает в пространство между пластинами плоского конденсатора, между которыми поддерживается постоянная разность потенциалов  $V = 60$  В, под углом  $60^\circ$  к нормали. Определить минимальную скорость электрона при которой он достигает верхней пластины. Удельный заряд электрона  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$  К/кг.
34. На две плоскопараллельные сетки, между которыми приложена разность потенциалов  $V$ , падают отрицательно заряженные частицы с энергией  $eV$  под разными углами падения. При каких углах падения частицы будут «отражаться», т.е. не смогут пройти через сетки? Заряд частицы равен  $e$ .
35. На две плоскопараллельные сетки, между которыми приложена разность потенциалов  $V$ , падает параллельный пучок отрицательно заряженных частиц под углом падения  $60^\circ$ . При каких энергиях частицы смогут пройти через сетки, если заряд частиц равен  $q$ ?

36. На плоский слой толщиной  $H$  с положительным объёмным зарядом плотностью  $\rho$  падают положительно заряженные частицы под углом падения  $\alpha$ . При каких кинетических энергиях частицы смогут пролететь через заряженный слой? Заряд частицы равен  $q$ .



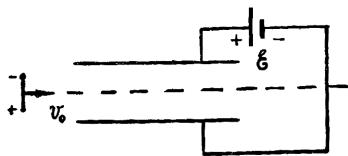
37. Два плоских параллельных слоя толщиной  $d$  каждый равномерно заряжены по объёму с плотностями зарядов  $-\rho$  и  $+\rho$ . Частица с отрицательным зарядом  $-q$  и массой  $m$  подлетает к положительно заряженному слою со скоростью  $v$ , направленной под углом  $\alpha$  к поверхности слоя.

1. При каком значении скорости частица не сможет проникнуть в отрицательно заряженный слой?
2. Через сколько времени и на каком расстоянии от точки влёта частица в этом случае покинет положительно заряженный слой?

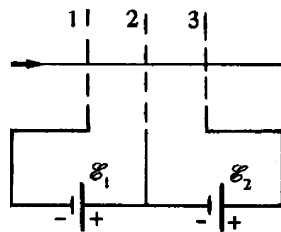
38. Электрический диполь из двух жёстко связанных точечных зарядов  $+q$  и  $-q$ , расположенных на расстоянии  $l$  друг от друга, пролетает плоский конденсатор, между пластинами которого поддерживается постоянная разность потенциалов  $\mathcal{E}$ . Определить скорость диполя в центре конденсатора, если известно, что его скорость вдали от конденсатора равна  $v_0$ . Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ , масса диполя  $m$ .

- 39\* Протон с удельным зарядом  $q/m = 0,96 \cdot 10^8$  Кл/кг налетает на систему из трёх плоских металлических сеток, между которыми с помощью двух источников с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 500$  В и  $\mathcal{E}_2 = 200$  В поддерживаются постоянные разности потенциалов. В точке, находящейся на расстоянии  $d/4$  справа от второй сетки, скорость протона оказалась равной нулю. Чему была равна скорость протона на большом удалении от сеток? Расстояние между сетками  $d$  равны между собой и много меньше поперечных размеров сеток.

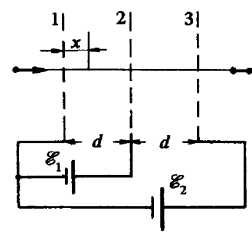
- 40\* Положительно заряженная частица пролетает через три плоские металлические сетки, между которыми с помощью двух источников постоянной ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 250$  В и  $\mathcal{E}_2 = 200$  В поддерживаются постоянные разности потенциалов. На каком расстоянии  $x$  от первой сетки скорость частицы будет равна скорости, которую она имела вдали от сеток? Расстояние  $d$  между сетками много меньше размеров сеток.



Задача 38



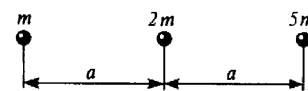
Задача 39



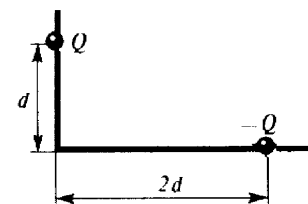
Задача 40

41. Потенциал в центре равномерно заряженной сферы 100 В, а на расстоянии 30 см от центра потенциал равен 50 В. Каков радиус сферы?
42. Сфера радиуса  $R$  имеет заряд  $Q$ . Чему равен потенциал поля в центре сферы? Зависит ли потенциал в центре сферы от распределения зарядов на сфере? Зависит ли потенциал поля на поверхности сферы от распределения заряда по сфере?
43. Внутри полый тонкостенной сферы радиусом  $R$  находится концентрическая с ней сфера радиусом  $r$ . Сфере радиусом  $R$  сообщается заряд  $Q$ , а сфере радиусом  $r$  — заряд  $q$ . Определить потенциалы поверхностей сфер.
44. Потенциал внутренней сферы радиуса  $r$  равен нулю (сфера заземлена). Потенциал внешней сферы радиуса  $2r$  равен  $\varphi$ . Определите заряды сфер. Центры сфер совпадают.
45. Три проводящие концентрические сферы радиуса  $r$ ,  $2r$  и  $3r$  имеют заряд соответственно  $q$ ,  $2q$  и  $-3q$ . Определите потенциал на каждой сфере.
46. Металлический шар радиуса  $R$  помещён внутрь сферической металлической оболочки, имеющей внешний радиус  $3R$  и толщину  $R$ , так, что их центры совпадают. На шаре находится заряд  $q$ , на оболочке — заряд  $8q$ . Постройте график зависимости потенциала электрического поля от расстояния до центра шара.
47. Шар радиуса  $R$  равномерно заряжен по объёму с плотностью  $\rho$ . Найдите потенциал центра шара.
48. Шар радиуса  $R$  равномерно заряжен по объёму с плотностью заряда  $\rho$ . Найдите зависимость напряжённости и потенциала электрического поля от расстояния до центра шара. Постройте графики этих зависимостей.
49. Внутри шара радиусом  $2R$ , равномерно заряженного по объёму с плотностью  $\rho$ , находится концентрическая сферическая полость радиусом  $R$ . Изобразите зависимости напряжённости и потенциала поля этой системы от расстояния до центра.
50. Какова потенциальная энергия взаимодействия двух одинаковых маленьких шариков с зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , находящихся на расстоянии  $l$  друг от друга? Какой станет эта энергия, если шарики соединить проволокой и заряды шариков выравняются? Какая энергия больше? Как это объяснить?
51. Какой энергией обладает равномерно заряженная зарядом  $q$  сфера радиуса  $r$ ?
52. Две тонкие концентрические металлические сферы радиусов  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) имеют заряды  $q_1$  и  $q_2$  соответственно. Определить энергию такой системы зарядов.
53. Равномерно заряженные грани правильного тетраэдра имеют одинаковый заряд. Чтобы сложить две грани тетраэдра вместе, необходимо совершить работу  $A$ . Какую работу нужно совершить, чтобы сложить все грани тетраэдра в одну стопку?
54. Равномерно заряженный лист, имеющий форму прямоугольного равнобедренного треугольника, сложили вдвое. При этом была совершена работа  $A$  против сил электрического поля. Какую работу нужно совершить, чтобы ещё раз так же сложить полученный треугольник?
- 55\* Заряженные шарики с одинаковыми массами, расположенные на расстоянии  $l$  друг от друга, отпустили (без начальной скорости). Через время  $\tau$  расстояние между ними удвоилось. Через какое время удвоится расстояние между шариками, если их отпустить с начального расстояния  $nl$ ?

56\* Три маленьких заряженных шарика закреплены на одной прямой так, что расстояния между соседними шариками  $a$ . Массы шариков  $m$ ,  $2m$  и  $5m$ , их заряды  $q$ ,  $q$  и  $2q$  соответственно. Шарика отпускают. Найдите их скорости после разлёта на большие расстояния.



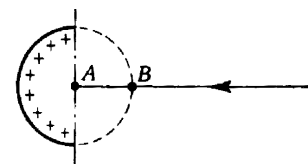
57\* На непроводящий стержень, изогнутый под прямым углом, насажены две бусинки равной массы  $m$ , несущие заряды противоположных знаков  $Q$  и  $-Q$ . В начальный момент бусинки неподвижны и находятся на расстояниях  $d$  и  $2d$  от вершины угла. Отпустим их. Где окажется «дальняя» бусинка в тот момент, когда «ближняя» доедет до вершины угла? Найдите скорости бусинок в тот момент, когда расстояние между ними составит  $d$ .



58\* По тонкой непроводящей направляющей в форме окружности радиусом  $R$  может скользить без трения маленькая заряженная бусинка. Заряд  $Q$  расположен в плоскости направляющей на расстоянии  $r$  от центра окружности. Куда нужно поместить второй заряд и какой он должен быть величины, чтобы бусинка могла скользить по окружности с постоянной по модулю скоростью? Сила тяжести отсутствует.

59. Две стороны правильного треугольника образованы одинаковыми равномерно заряженными палочками. При этом в центре  $O$  треугольника потенциал равен  $\varphi_0$ , а напряжённость электрического поля равна  $E_0$ . Найдите потенциал, а также модуль и направление вектора напряжённости, которые будут в точке  $O$ , если одну из палочек убрать.

60\* Находящаяся на бесконечности в состоянии покоя заряженная частица притягивается однородно заряженным полукольцом вдоль линии  $AB$ . Отношение скоростей частицы в точках  $B$  и  $A$  равно  $v_A/v_B = n$ . Найдите отношение ускорений частицы в этих точках.



61\* Если равномерно заряженный по объёму однородный шар разрезать пополам и половинки отпустить без начальной скорости, то после разлёта на большое расстояние они будут иметь скорость  $v_1$ . Если из этого же шара (в целом состоянии) вырезать четвертую часть и полученные части отпустить, то после разлёта на большое расстояние скорость меньшей части будет равна  $v_2$ . Если теперь взять половину начального шара, разрезать пополам и полученные части отпустить, то какую скорость будут они иметь после разлёта на большое расстояние?

62\* Одна половина непроводящей сферы равномерно заряжена по площади с поверхностной плотностью заряда  $\frac{7}{6}\sigma$ , а вторая половина равномерно заряжена с плотностью  $\frac{5}{6}\sigma$ . Половинки второй сферы заряжены равномерно с плотностями  $\frac{1}{3}\sigma$  и  $\frac{2}{3}\sigma$ . Насколько отличаются энергии сфер, если их радиусы равны  $R$  и сферы находятся достаточно далеко друг от друга?