

ЗАКОН КУЛОНА. ТЕОРЕМА ГАУССА.

1. Как зависит сила притяжения (отталкивания) двух параллельных равномерно заряженных

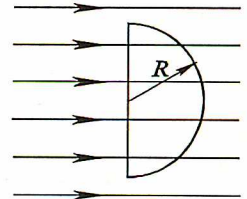
- нитей
 - плоскостей
- от расстояния между ними?

2.а) С какой силой действует точечный заряд q на равномерно заряженную плоскость (поверхностная плотность заряда σ), находящуюся на расстоянии d от него?

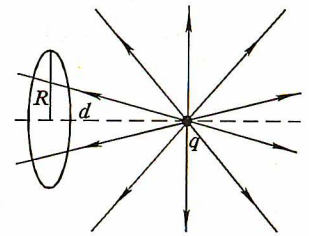
б) Найдите поток поля заряда через эту плоскость.

3.а) Полусфера радиуса R находится в однородном электрическом поле E (ось симметрии полусферы параллельна полю). Найдите поток вектора E через ее поверхность.

б) Тот же вопрос, если ось полусферы составляет угол α с вектором E .



4. Круглую площадку радиуса R располагают на расстоянии d от заряда q (заряд находится на оси площадки) и измеряют поток Φ электрического поля через площадку. Как этот поток зависит от d (при фиксированном R)? Нарисуйте график и найдите зависимость $\Phi(d)$ в предельных случаях $d \gg R$ и $d \ll R$.



5. Какое электрическое поле создает равномерно заряженный (объемная плотность заряда ρ)

- шар
- бесконечно длинный цилиндр?

Нарисуйте силовые линии и график напряженности электрического поля (включая область внутри шара/цилиндра).

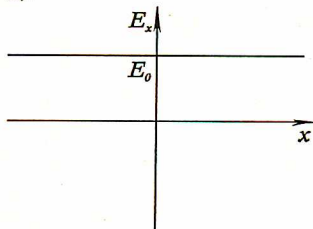
6. Можно ли устойчиво "подвесить" заряд в электрическом поле

- в невесомости
- в присутствии силы тяжести?

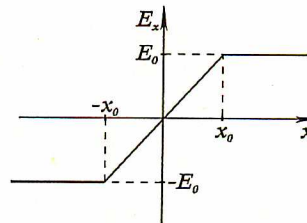
Указание. Примените теорему Гаусса к маленькой замкнутой поверхности, охватывающей точку равновесия заряда.

7. В каждой точке некоторой области пространства измерили напряженность электрического поля. Оказалось, что вектор E везде параллелен оси x и его проекция на ось x зависит только от x -координаты так, как показано на графике.

а)



б)



Восстановите распределение заряда (т.е. найдите объемную плотность заряда в каждой точке пространства).

в) Как восстановить распределение заряда, зная напряженность поля, в общем случае?

Домашние задачи.

1. Найдите силу взаимодействия двух зарядов величиной 1 Кл на расстоянии 1 км друг от друга.

Ответ. $F=8,9 \cdot 10^3$ Н

2. Найдите силу электростатического взаимодействия двух электронов на расстоянии 10^{-8} см. Во сколько раз эта сила больше силы их гравитационного притяжения?

Ответ. $F=2,3 \cdot 10^{-8}$ Н; в $4,2 \cdot 10^{42}$ раз

3. На концах горизонтальной трубы длины l закреплены положительные заряды q_1 и q_2 . Найдите положение равновесия шарика с положительным зарядом q , который помещен внутрь трубы.

Ответ. На расстоянии $x=l \cdot \sqrt{q_1} / (\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})$ от заряда q_1

4. Два одинаковых заряженных шарика массы m , подвешенных в одной точке на нитях длины l , разошлись так, что угол между нитями стал прямым. Определите заряд шариков.

Ответ. $q=\sqrt{8\pi\epsilon_0 l^2 mg}$

5. В заряженном шаре радиуса R напряженность электрического поля направлена вдоль его радиуса, а ее модуль везде равен E_0 . Найдите распределение объемной плотности электрического заряда в шаре.

Ответ. $\rho(r)=2\epsilon_0 E_0 / r$

6* Тонкостенная сфера радиуса R равномерно заряжена зарядом Q . Найдите

а) силу электростатического давления, действующую на единицу поверхности сферы

б) силу натяжения сферы.

Ответ. а) $p_{эл}=Q^2/32\pi^2\epsilon_0 R^4$ б) $\sigma=F_n/l=Q^2/16\pi^2\epsilon_0 R^3$

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

1. Два одинаковых заряда величины q и массы m находятся на расстоянии L друг от друга.
 - а) Один заряд держат, а другой отпускают. Найдите скорость улетающего заряда на бесконечности.
 - б) Оба заряда отпускают одновременно. Найдите их скорость на бесконечности.
2. а) Дан график зависимости $\phi(x)$. Постройте (качественно) график $E_x(x)$.
 б) Дан график зависимости $E_x(x)$. Постройте (качественно) график $\phi(x)$.
3. Дана картина эквипотенциальных поверхностей. Нарисуйте (качественно) картину силовых линий. Где поле сильнее - слева или справа?
4. Нарисуйте картину эквипотенциальных поверхностей поля, создаваемого
 - а) двумя точечными зарядами q и $-q$.
 - б) двумя точечными зарядами q и q .
5. Докажите, что потенциал поля точечного заряда q равен $\phi(r) = q/4\pi\epsilon_0 r$.
6. Найдите потенциал во всех точках пространства, создаваемый
 - а) двумя параллельными однородно заряженными бесконечными плоскостями (поверхностная плотность заряда σ и $-\sigma$)
 - б) сферой, однородно заряженной по поверхности (полный заряд сферы Q)
 - в) шаром, однородно заряженным по объему (полный заряд шара Q)
 - г) * бесконечной нитью, однородно заряженной по длине (линейная плотность заряда λ). Точку "нулевого потенциала" в каждой задаче выберите самостоятельно.
7. По поверхности сферы радиуса R равномерно распределен заряд Q . Чему равны потенциалы поля в центре сферы, на поверхности сферы? Изменятся ли они, если заряд будет распределен неравномерно?

8*а) Найдите поле, которое создает пара зарядов q и $-q$ на расстояниях, много больших расстояния между зарядами.

б) В пространстве расположено несколько зарядов q_i , сумма которых равна 0. Докажите, что поле, создаваемое этой системой зарядов на больших расстояниях, зависит только от величины $d = \sum q_i r_i$ ("дипольного момента") и найдите эту зависимость.

Домашние задачи.

1. В вершинах квадрата со стороной l находятся четыре заряда q . Найдите потенциал поля в центре квадрата.
 Ответ. $\phi = \sqrt{2} q / \pi \epsilon_0 l$
2. Имеется три параллельных заряженных плоскости. Поверхностная плотность заряда средней σ , крайних σ и $-\sigma$. Расстояния от крайних плоскостей до средней одинаковы и равны d . Найдите разность потенциалов между крайними плоскостями.
 Ответ. $\Delta\phi = 2\sigma d / \epsilon_0$
3. Три концентрические сферы радиусов r , $2r$ и $3r$ однородно заряжены зарядами q , $2q$ и $3q$. Определите потенциал каждой сферы.
 Ответ. $\phi_1 = 3q/4\pi\epsilon_0 r$, $\phi_2 = 5q/8\pi\epsilon_0 r$, $\phi_3 = q/4\pi\epsilon_0 r$
4. Найдите полную электростатическую потенциальную энергию сферы радиуса R , равномерно заряженной зарядом Q .
 Ответ. $W = Q/8\pi\epsilon_0 R$

5. Для того, чтобы сложить две одинаковые тонкие пластины с равными зарядами, которые были удалены друг от друга на большое расстояние, необходимо совершить работу A . Какую работу нужно совершить, чтобы сложить вместе 3 таких пластины? n таких пластин?

Ответ. $A_3=3A$, $A_n=n(n-1)A/2$

6* 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?

Ответ. $A'=6A$