



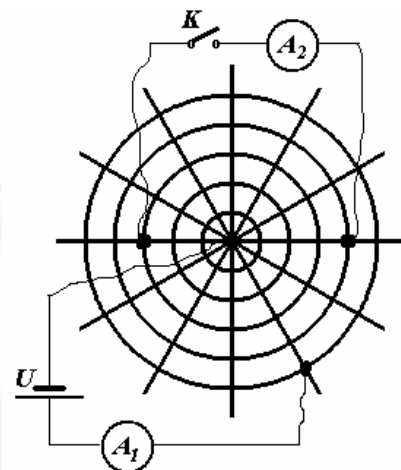
Минская городская олимпиада по физике 2004 год

9 класс

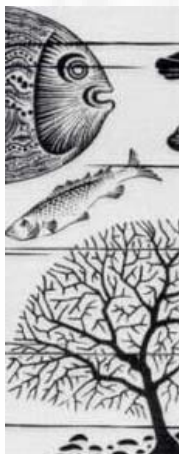
Задание 1. «Паутина»

Из проволоки спаяна «паучья» сеть. Радиальные нити, которой изготовлены из проволоки диаметром $d_1 = 0,20 \text{ мм}$ из материала с удельным электрическим сопротивлением $\rho_1 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, кольцевые нити сделаны из проволоки диаметром $d_2 = 1,2 \text{ мм}$ из материала с удельным сопротивлением $\rho_2 = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Радиальные нити проведены через каждые 30° , кольцевые через $a = 1,0 \text{ см}$. В точках пересечения нитей имеются электрические контакты, сопротивлением которых можно пренебречь.

«Паутину» подключают к электрической цепи, показанной на рисунке. Напряжение источника постоянно и равно $U = 4,5 \text{ В}$. Определите показания амперметров при разомкнутом и замкнутом ключе K . Сопротивлением амперметров и соединительных проводов можно пренебречь.



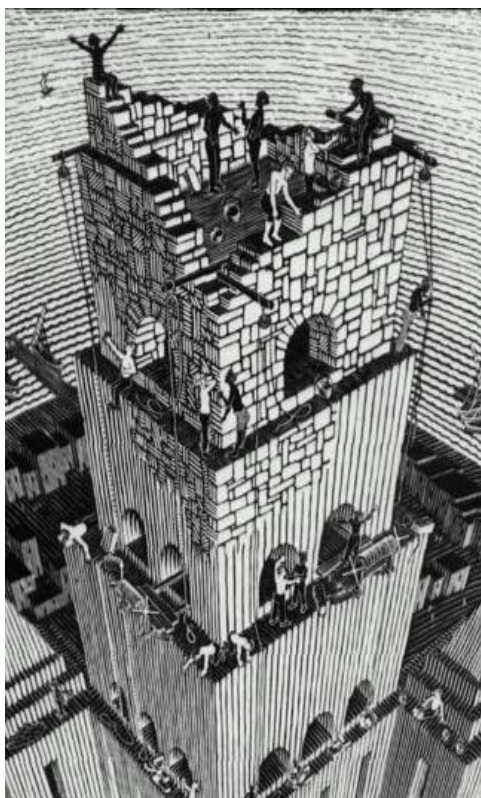
Задание 2. «Аквариум»



Аквариум представляет собой призму, в основании которой лежит равнобедренная трапеция. Аквариум расположен на гладкой горизонтальной поверхности. Размеры аквариума указаны на рисунке. Масса пустого аквариума равна m . Аквариум полностью заполнили водой,

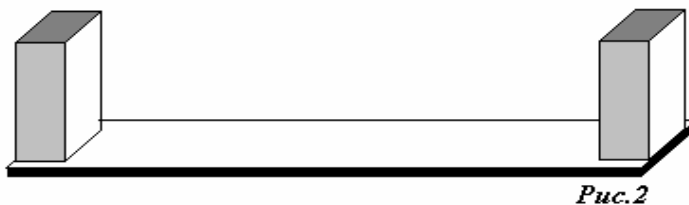
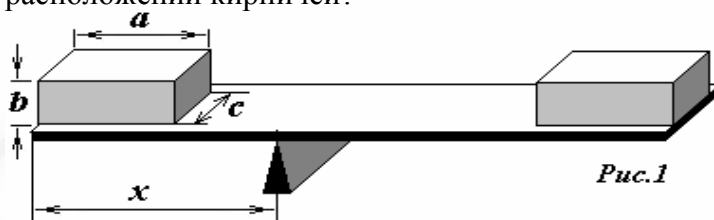
плотность которой равна ρ . В некоторый момент времени мгновенно и одновременно полностью разрушаются (может из-за теракта, может из-за землетрясения) две стенки аквариума, опирающиеся на основания трапеции. Найдите ускорение аквариума сразу после разрушения стенок.

Задание 3. «Допотопные весы»



На края доски длиной l положили, как показано на рис. 1, два кирпича одинаковой формы и размеров, но изготовленные из материалов различной плотности. Каждый кирпич имеет форму прямоугольного параллелепипеда, размеры которого $a \times b \times c$. Доску удалось уравновесить на упоре, расположенном на расстоянии x от левого края доски.

Затем кирпичи развернули и расположили на доске, как показано на рис.2. Где нужно расположить упор, чтобы доска находилась в равновесии при таком расположении кирпичей?



Задание 4. «Сочини закон Ома!»

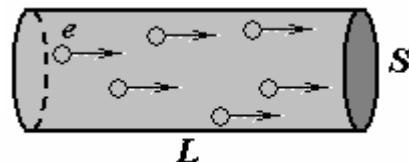
1. Частица движется по прямой. В течение промежутка времени τ она движется с постоянным ускорением a , после чего в результате столкновения полностью останавливается. Затем она снова начинается двигаться с тем же ускорением в течение такого же промежутка времени τ , останавливается... и так далее. Постройте примерные графики зависимостей скорости и координаты частицы от времени. Найдите среднюю скорость движения частицы за промежуток времени значительно превышающий τ .

2. Частица движется по прямой с постоянным ускорением a , пройдя путь l , в результате столкновения полностью останавливается. Затем она снова начинается двигаться с тем же ускорением и опять проходит путь l , останавливается... и так далее. Найдите среднюю скорость движения частицы на расстоянии, значительно превышающем l .



При изучении физических явлений, особенно плохо знакомых, полезно построить правдоподобную, пусть и примитивную модель. Сейчас вам предстоит в рамках модели подобного типа объяснить закон Ома.

Носителями электрического тока в металлах являются электроны (элементарные частицы, масса которых равна m , а электрический заряд e). Концентрация электронов (число электронов в единице объема) зависит от рода металла. Пусть в нашем случае она известна и равна n . Внутри проводника в течение некоторого промежутка времени τ (которое считайте постоянным и известным) электрон движется свободно под действием сил электрического поля, а затем сталкивается с ионом кристаллической решетки и полностью теряет свою скорость. Рассмотрим цилиндрический проводник длиной L и площадью поперечного сечения S , к концам которого приложено постоянное электрическое напряжение U .



3. Чему равна электрическая сила, действующая на отдельный электрон?
4. Чему равна средняя скорость направленного движения электронов?
5. Покажите, что в рамках данной модели выполняется закон Ома для участка цепи.
6. Найдите силу тока в цепи.
7. Выразите удельное электрическое сопротивление металла через его характеристик (концентрацию электронов n , время свободного движения электронов τ) и характеристики электрона.

Минская городская олимпиада по физике 2004 год

10 класс

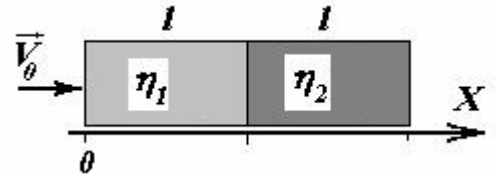
Задание 1. «Повторим физику»



Данное задание представляет собой 5 не связанных между собой задач.

§1 Кинематика.

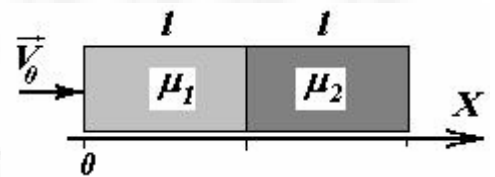
Автомобиль движется по хорошей дороге с постоянной скоростью. На его пути встречаются два соприкасающихся участка одинаковой длины l худшего качества. На первом участке скорость автомобиля уменьшается в η_1 раз, а на втором в η_2 раз, по сравнению с «хорошей» дорогой. Автомобиль въехал на участок «плохой дороги» в момент времени t_1 , а покинул его в момент времени t_2 . Чему равна скорость автомобиля на «хорошей» дороге? Постройте примерный график зависимости $t(x)$ - момента времени, в который автомобиль находился в точке с координатой x .



Напоминание. Скорость точки связана с изменением координаты уравнением $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

§2 Динамика.

Шайба массы m движется по гладкой горизонтальной поверхности. На пути шайбы встречаются два соприкасающихся участка одинаковой длины l шероховатой поверхности. На первом участке коэффициент трения шайбы о поверхность равен μ_1 , на втором - μ_2 . Чему была равна кинетическая энергия шайбы до въезда на шероховатые участки, если после их преодоления она стала равной E ? Постройте примерный график зависимости кинетической энергии шайбы от координаты x .



Напоминание. Действующая сила связана с изменением кинетической энергии уравнением

$$F = -\frac{\Delta E}{\Delta x}.$$

§3 Термодинамика.

Плоскопараллельная составная пластина состоит из двух плотно прижатых друг к другу пластин одинаковой толщины l . Теплопроводность первой пластины равна γ_1 , второй - γ_2 . Температура левой стороны составной пластины постоянна и равна t_1 , температура правой стороны - t_2 . Чему равна плотность потока теплоты через пластины? Постройте примерный

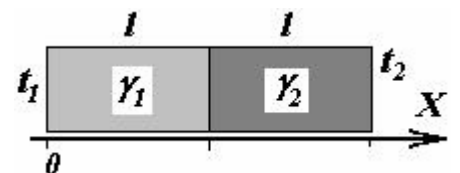
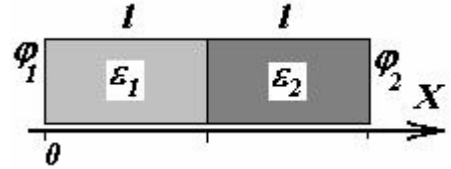


график зависимости температуры пластины от координаты x .

Напоминание. Плотность потока теплоты q - количество теплоты, которое перетекает через площадку единичной площади в единицу времени, рассчитывается по закону Фурье $q = -\gamma \frac{\Delta t^\circ}{\Delta x}$, где γ - коэффициент теплопроводности вещества.

§4 Электростатика.

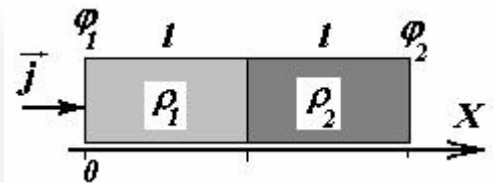
Плоскопараллельная составная пластина состоит из двух плотно прижатых друг к другу непроводящих пластин одинаковой толщины l . Диэлектрическая проницаемость первой пластины равна ϵ_1 , второй - ϵ_2 . Потенциал левой стороны составной пластины равен φ_1 , потенциал правой стороны - φ_2 . Чему равны напряженности полей в каждой части пластины? Постройте примерный график зависимости потенциала электрического поля внутри пластины от координаты x . Электрические поля внутри каждой части однородны и направлены перпендикулярно плоскости пластин.



Напоминание. Напряженность электрического поля связана с разностью потенциалов уравнением $E = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta x}$.

§5 Постоянный электрический ток.

Плоскопараллельная составная пластина состоит из двух плотно прижатых друг к другу слабо проводящих пластин одинаковой толщины l . Удельное электрическое сопротивление первой пластины равно ρ_1 , второй - ρ_2 . Потенциал левой стороны составной пластины равен φ_1 , потенциал правой стороны - φ_2 . Чему равна плотность электрического тока через пластину? Чему равна поверхностная плотность заряда на границе раздела пластин? Постройте примерный график зависимости потенциала электрического поля внутри пластины от координаты x . Электрические поля внутри каждой части однородны и направлены перпендикулярно плоскости пластин.

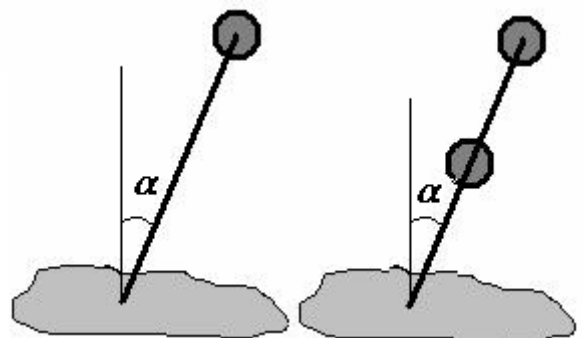


Напоминание. Плотность электрического тока (сила тока, протекающего через площадку единичной площади) поля связана с разностью потенциалов уравнением $j = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta \varphi}{\Delta x}$.

Примечание. Остальные разделы физики повторим на следующей олимпиаде.

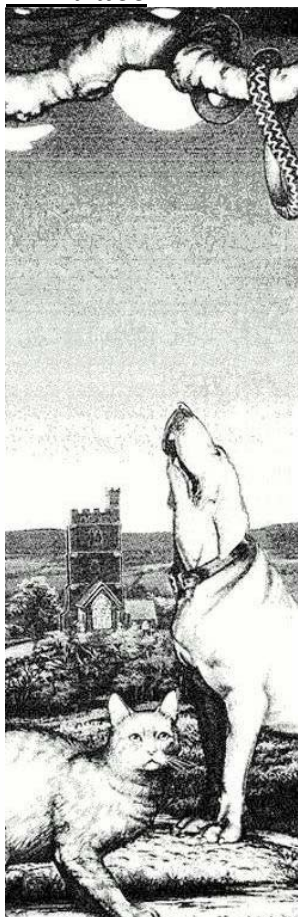
Задание 2. «Удвоение и падение»

На конце длинной легкой спицы укреплен небольшой массивный шарик (масса шарика значительно больше массы спицы, радиус шарика значительно меньше длины спицы). Спицу с шариком устанавливают на горизонтальную поверхность под небольшим углом α к вертикали и отпускают. В процессе движения нижний конец спицы остается неподвижным, шарик ударяется о поверхность через время t_1 . В середине спицы закрепляют еще один такой же шарик, спицу располагают под тем же углом к вертикали и отпускают. Чему будет равно время падения в этом случае?



Минская городская олимпиада по физике 2004 год

11 класс



Задача 1. «Шарик на привязи»

Быстро вращающиеся валы представляют большую опасность для окружающих! Будьте осторожны рядом с ними! А теперь покажите свои знания динамики. Извините за подсказку, но при неравномерном движении по окружности ускорение удобно разложить на нормальное и тангенциальное.

Вал представляет собой прочный однородный цилиндр радиуса $r_1 = 5,0\text{ см}$, который может вращаться вокруг как вертикальной (Рис. 1) так и горизонтальной осей (Рис. 2). На вал намотана прочная нить, к концу которой прикреплен шарик радиуса $r_2 = 3,0\text{ см}$. Трением между поверхностями вала и шарика, а также между шариком и горизонтальной поверхностью можно пренебречь. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

1. Вал расположен вертикально, шарик касается поверхности вала, нить слегка натянута (Рис. 3а). Вал начинает вращаться с постоянной угловой скоростью $\omega = 3,0\text{ с}^{-1}$. Через какой промежуток времени τ шарик оторвется от поверхности вала?

2. Вал расположен вертикально, шарик касается поверхности вала, нить слегка натянута (Рис. 3а). Вал начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\beta = 3,0\text{ с}^{-2}$. Через какой промежуток времени τ шарик оторвется от поверхности вала?

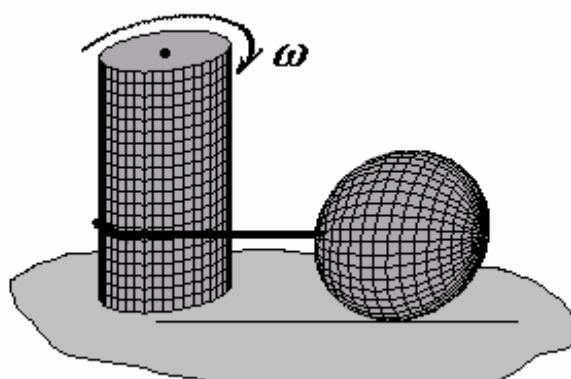


Рис. 1

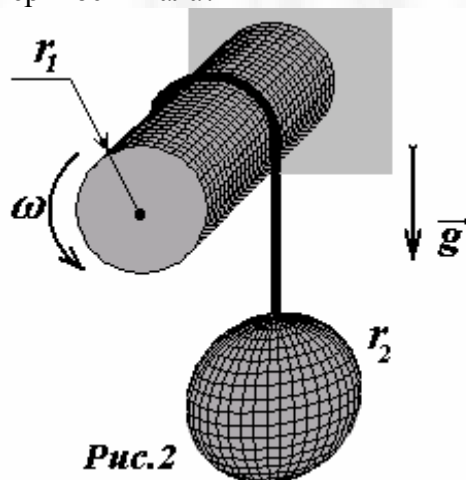


Рис. 2

3. Вал расположен горизонтально, шарик касается поверхности вала. Вал начинает вращаться с постоянной угловой скоростью $\omega = 3,0\text{ с}^{-1}$. Через какой промежуток времени τ шарик оторвется от поверхности вала, если

- первоначально нить расположена вертикально (Рис. 3б)?
- первоначально нить расположена горизонтально (Рис. 3в)?

4. Вал расположен горизонтально, шарик касается поверхности вала. Вал начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\beta = 3,0c^{-2}$. Через какой промежуток времени τ шарик оторвется от поверхности вала, если первоначально нить расположена вертикально (Рис. 3б)?

5. К нити прикрепляют другой шарик. Вал расположен горизонтально, шарик касается поверхности вала (Рис. 3б). Вал начинает вращаться с постоянным угловым ускорением. Каковы должны быть радиус шарика и угловое ускорение вала, чтобы до отрыва от поверхности вала шарик сделал точно один оборот вокруг оси вала?

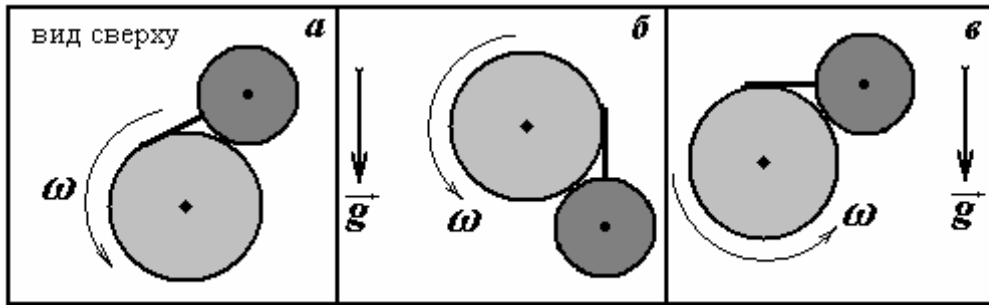


Рис. 3

Задача 2. «Блики на дне»

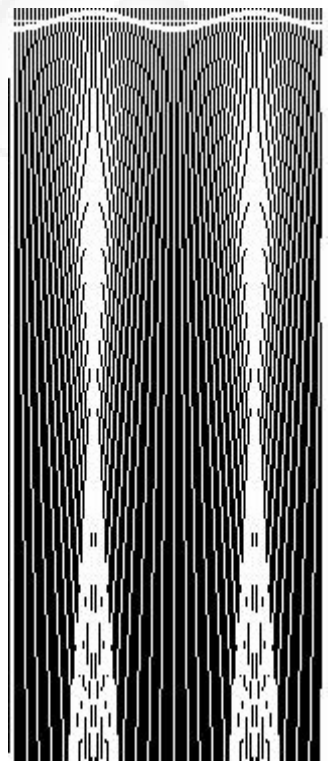


Холодной зимой мы часто и с удовольствием вспоминаем о теплом лете. Представьте – теплое солнечное тихое летнее утро, вы находитесь на берегу озера, поверхность воды слегка колеблется из-за небольших медленно пробегающих волн, на ровном песчаном дне отчетливо видны замысловатые яркие световые полосы и пятна.

Это летом, а сейчас ваша задача – объяснить возникновение этих ярких полос, найти их характеристики и условия возникновения. Итак, по поверхности водоема движется гармоническая волна (длина которой $\lambda = 1,0\text{ м}$, амплитуда $a = 5,0\text{ см}$) в направлении с востока на запад, солнце находится на юге. Поверхность дна плоская и горизонтальная, глубина водоема h . Показатель преломления воды $n = 1,33$.

1. Постройте примерный график зависимости горизонтальной координаты x_1 точки падения луча на дно, если он попал на поверхность воды в точке с координатой x .

2. Определите, при какой глубине озера световые блики на дне будут наиболее яркими и резкими.



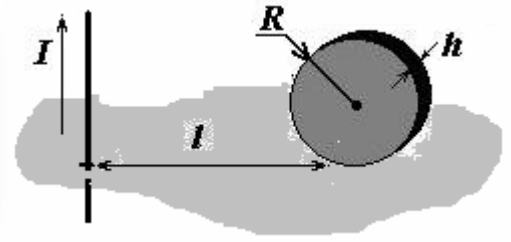
3. Опишите распределение освещенности дна при глубине озера $h_1 = 0,5 м$, постройте примерный график зависимости освещенности дна от координаты.
4. Опишите распределение освещенности дна при глубине озера $h_1 = 2,5 м$, найдите ширину световых полос на дне.

Может вам поможет рисунок хода лучей в описываемом случае.

Задача 3. «Побег и погоня»



Перпендикулярно горизонтальной плоскости большого стола протянут длинный электрический кабель. На поверхности стола на расстоянии l от кабеля поставили на ребро алюминиевую монету, так, что электрический кабель оказался в плоскости монеты. Монета представляет собой однородный диск радиуса R и толщиной h . Размеры монеты значительно меньше расстояния до кабеля.



1. Определите массу монеты.

По проводу начинают пропускать электрический ток, который быстро возрастает от нуля до максимального значения I_0 , после чего остается постоянным.

2. Какую максимальную скорость приобретет монета за время возрастания тока?

3. На какое расстояние откатится монета? Рассчитайте путь, пройденный монетой, если $l = 50 см$.

Плотность γ , удельное электрическое сопротивление ρ алюминия считайте известными.

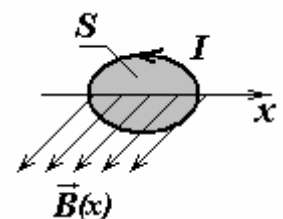
Не смущайтесь использовать простейшие интегралы, например, $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$, при любых $n \neq -1$.

Благодарите за подсказку:

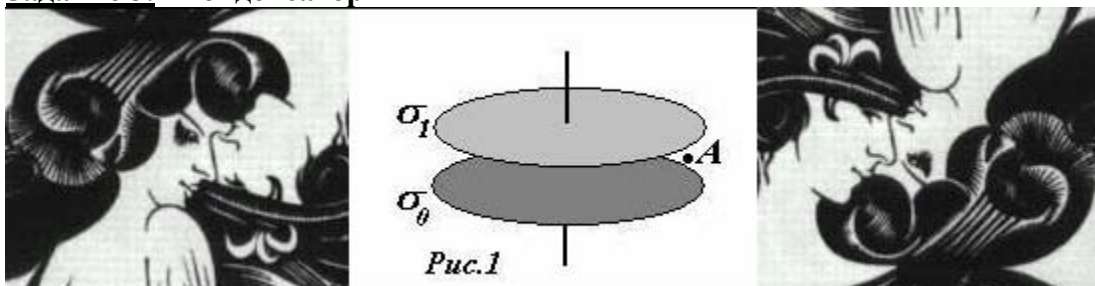
Пусть небольшой контур с электрическим током находится в неоднородном магнитном поле. Суммарная сила, действующая на контур, может быть рассчитана по формуле

$$F = IS \frac{\Delta B}{\Delta x},$$

где I - сила тока в контуре, S - площадь контура, B - нормальная к плоскости контура составляющая вектора индукции магнитного поля.



Задание 3. «Конденсатор»



Плоский конденсатор состоит из двух одинаковых пластин, расположенных параллельно друг другу. Точка А находится внутри конденсатора, расстояния от данной точки до пластин одинаковы (рис.1). Поверхностная плотность заряда на нижней пластине поддерживается постоянной и равной σ_0 , поверхностную плотность заряда верхней пластины σ_1 изменяют, проводя при этом измерения потенциала φ и модуля напряженности электрического поля E в точке А. По полученным экспериментальным данным были построены графики исследованных зависимостей. Однако по непонятным причинам на графике зависимости потенциала осталась всего одна точка (рис. 2), а на графике зависимости модуля напряженности две точки (рис. 3).

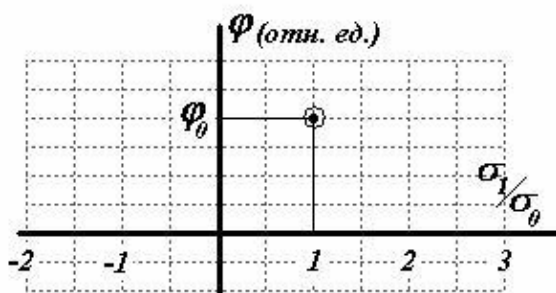


Рис.2

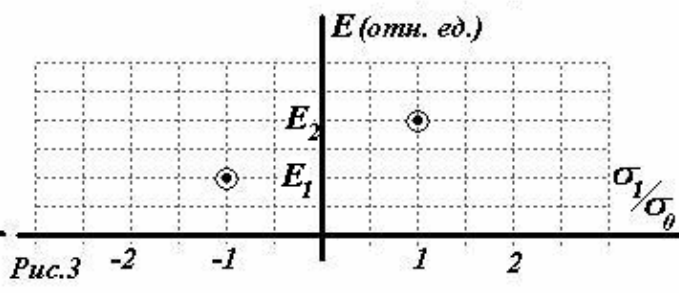


Рис.3

1. Получите аналитические зависимости потенциала и модуля напряженности электрического поля в точке А от отношения $\gamma = \frac{\sigma_1}{\sigma_0}$ поверхностных плотностей зарядов

на пластинах. (Выразите эти зависимости через «сохранившиеся» данные φ_0, E_1, E_2)

2. Постройте графики этих зависимостей.

Задание 4. «Суперпозиция»

С поверхности бесконечной пластины с начальной скоростью \vec{V}_0 , направленной перпендикулярно пластине, вылетает электрон. Определите, на какое максимальное расстояние от пластины удалится электрон, если

а) над пластиной создано однородное электрическое поле, напряженности \vec{E} , направленной перпендикулярно пластине;

б) над пластиной создано однородное магнитное поле, индукции \vec{B} , направленной параллельно пластине;

в) над пластиной созданы однородное электрическое поле, напряженности \vec{E} , направленной перпендикулярно пластине, и однородное магнитное поле, индукции \vec{B} , направленной параллельно пластине.

