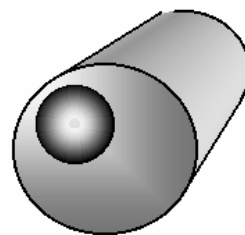


Задание 1. «Дырявая разминка»

Данное задание состоит из трех не связанных между собой задач.

Задача 1.1

В сплошном однородно заряженном (плотность заряда $\rho_1 = 7,08 \cdot 10^{-8}$ Кл/м³) очень длинном цилиндре радиуса $R_1 = 10,0$ см вырезали цилиндрическую полость радиусом $R_2 = 2,0$ см, в которую вставили другой длинный однородно заряженный (плотность заряда $\rho_2 = 1,77 \cdot 10^{-7}$ Кл/м³) цилиндр радиуса, равного радиусу полости (рис. 1). Расстояние между осями цилиндров $a = 5,0$ см. Относительные диэлектрические проницаемости веществ, из которых сделаны цилиндры $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1$. Диэлектрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

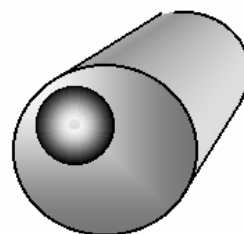


1.1.1 Найдите напряженность электрического поля внутри малого цилиндра.

1.1.2 Изобразите картину эквипотенциальных линий электрического поля в малом цилиндре в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра.

Задача 1.2

Длинный провод представляет собой сплошной цилиндр радиусом $R_2 = 0,25$ мм из металла с удельным сопротивлением $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^{-7}$ Ом·м, вплавленный в больший сплошной цилиндр радиусом $R_1 = 3,0$ мм из металла с удельным сопротивлением $\rho_1 = 8,0 \cdot 10^{-7}$ Ом·м. Расстояние между осями цилиндров равно $a = 2,0$ мм. По проводу течет ток $I = 1,0$ А. Относительные магнитные проницаемости веществ, из которых сделаны цилиндры $\mu_1 = \mu_2 = 1$. Магнитная постоянная $\mu_0 = 1,26$ Гн/м.



1.2.1 Найдите индукцию магнитного поля внутри малого цилиндра.

1.2.2 Изобразите примерный вид силовых линий магнитного поля в малом цилиндре в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра.

Задача 1.3

При помещении вещества во внешнее электрическое поле вещество поляризуется, то есть возникают индуцированные поляризационные заряды. Поляризация вещества приводит к уменьшению напряженности электрического поля внутри диэлектрика. Это уменьшение поля характеризуется диэлектрической проницаемостью вещества ϵ .

В данной задаче необходимо рассчитать диэлектрическую проницаемость жидкого диэлектрика, состоящего из неполярных молекул, поляризуемость которых равна β . Концентрация молекул (число молекул в единице объема) равна n .

В жидкости молекулы расположены достаточно плотно, поэтому необходимо учитывать их влияние друг на друга. Иными словами на каждую молекулу действует не только внешнее электрическое поле, но и поле, созданное другими молекулами. Для учета этого взаимного влияния используется модель Лоренц-Лоренца. В этой модели полагается, что отдельная молекула находится в центре сферической полости, находящейся внутри однородного диэлектрика (молекулярная структура которого не учитывается) того же вещества. Размер этой сферы не играет роли.

Итак, пусть достаточно большой объем равномерно поляризованного диэлектрика во внешнем однородном электрическом поле напряженностью \vec{E}_0 .

1.3.1 Мысленно вырежем внутри этого диэлектрика сферическую полость. Полагая поляризацию диэлектрика однородной, выразите напряженность электрического поля внутри полости \vec{E}_A через известную напряженность внешнего поля и модуль вектора поляризации диэлектрика

1.3.2 Получите формулу, связывающую диэлектрическую проницаемость ε данного диэлектрика с поляризуемостью молекулы и их концентрацией в рамках рассматриваемой модели.

Подсказки:

1. При помещении одной молекулы данного вещества в электрическое поле \vec{E} , в ней индуцируется дипольный момент $\vec{p} = \beta \varepsilon_0 \vec{E}$, где β — поляризуемость молекулы.

2. Поле внутри равномерно поляризованного шара равно $\vec{E}_s = -\frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0}$, где \vec{P} — вектор поляризации вещества (дипольный момент единицы объема). Поляризация связана с полем в веществе следующим соотношением $\vec{P} = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 \vec{E}$, где ε — относительная диэлектрическая проницаемость вещества.

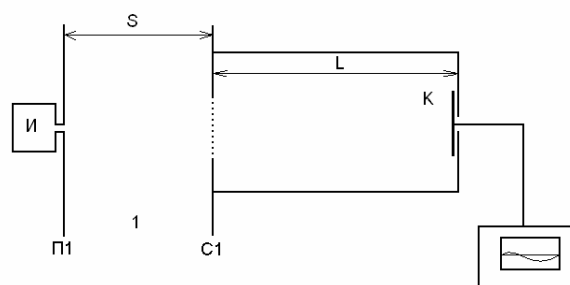
Задание¹ 2 “Масс-спектрометры”

Для определения масс ионов используют масс-спектрографы. В школьном курсе физики вы познакомились с приборами, в которых пространственное разделение ионов различных масс происходит в постоянном магнитном поле. Возможны и другие физические принципы разделения ионов. Так, в динамических масс-спектрографах селекция ионов происходит благодаря различию скоростей движения ионов в электрическом поле.

Часть 1. Постоянное поле.

Предлагаем рассмотреть простейший динамический масс-спектрометр, схема которого изображена на рисунке.

Однозарядные ионы вылетают из источника ионов **И** с пренебрежимо малой скоростью, затем попадают в область ускоряющего электрического поля **1**, ширина которой равна S . В этой области электрическое поле создается постоянным напряжением U , приложенным к пластине **П1**, расположенной непосредственно у источника, и сетке **С1**. Ускорившиеся ионы, свободно пролетают через сетку, и, пройдя эквипотенциальный промежуток длиной L , попадают на коллектор (устройство, собирающее ионы), подключенный к прибору, регистрирующему силу ионного тока в зависимости от времени. Источник и регистрирующее устройство включают в момент времени $t = 0$. Источник является импульсным, то есть ионы испускаются в течение малого промежутка времени τ , плотность потока ионов в этом временном промежутке можно считать постоянной.



¹ Условие этой задачи такое длинное, для того, чтобы ее было легче решать.