

Л. В. Забело,

учитель физики высшей категории

гимназии № 32 г. Минска

Исследовательские задачи по физике

Задача 1. Пылинка массой $m = 2.5 \times 10^{-8}$ г. Имеет заряд $q = 5.0 \times 10^{-12}$ Кл. Определите напряженность вертикального однородного электростатического поля, в котором пылинка будет находиться в равновесии.

- 1) $4.9 \times 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ 2) $49 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ 3) $20 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ 4) $2 \times 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

Дано:

$$m = 2.5 \times 10^{-8} \text{ г.} = 2.5 \times 10^{-11} \text{ Кл}$$

$$q = 5.0 \times 10^{-12} \text{ Кл}$$

Е - ?

Решение:

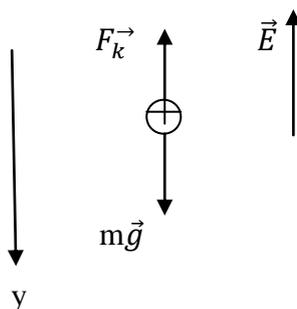
На пылинку действуют сила тяжести со стороны гравитационного поля и электрическая сила со стороны однородного электростатического поля. так как пылинка находится в равновесии, то

$$\text{векторная сумма всех сил равно нулю: } m\vec{g} + q\vec{E} = \vec{0}$$

В проекции на вертикальную ось ОУ это уравнение имеет вид:

$$mg - qE = 0. \text{ Отсюда } E = \frac{mg}{q}$$

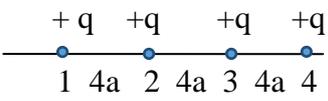
$$E = \frac{2.5 \times 10^{-11} \text{ Кл} \times 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5.0 \times 10^{-12} \text{ Кл}} = 49 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$



Ответ: 2), $E = 49 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

Задача 2. Четыре маленьких одноименных заряженных шарика с зарядом q каждый удерживается в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии $4a$ друг от друга тремя нитями. Если обе крайние нити одноименно пережечь, то какую максимальную кинетическую энергию приобретет каждый крайний шарик.

- 1) $\frac{5kq^2}{12a}$ 2) 0 3) $\frac{5kq^2}{6a}$ 4) $\frac{12kq^2}{5a}$ 5) $\frac{13kq^2}{12a}$

Дано:	Решение:
N = 4	Потенциальная энергия системы зарядов равна
4a	$W = W_{12}, W_{23}, W_{34} +$ 
$W_k - ?$	$+ W_{13} + W_{14} + W_{24},$
	Где $W_{12}, W_{23}, W_{34}, W_{13}, W_{14}, W_{24}$ - потенциальная энергия взаимодействия зарядов q_1 и q_2, q_2 и q_3, q_3 и q_4, q_1 и q_3, q_1 и q_4, q_2 и q_4 , но $W_{12} = W_{23} =$
	$W_{34} = \frac{kq^2}{4a}; W_{13} = W_{34} = \frac{kq^2}{8a};$
	$W_{14} = \frac{kq^2}{12a}$

Тогда
$$W = 3\frac{kq^2}{4a} + 2\frac{kq^2}{8a} + \frac{kq^2}{12a} = \frac{kq^2}{4a}\left(3 + 1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{12kq^2}{13a}$$

После пережигания нити шарики 1 и 4, оттолкнувшись, удалятся на бесконечно большое расстояние, а шарики 2 и 3 останутся на своих местах. Следовательно, по закону сохранения энергии будем иметь:

$$W = W_{23} + 2W_k$$

Тогда
$$W_k = \frac{1}{2}(W - W_{23}) = \frac{1}{2}\left(\frac{13kq^2}{12a} - \frac{kq^2}{4a}\right) = \frac{5kq^2}{12a}$$

Ответ: 1) $W_k = \frac{5kq^2}{12a}$

Задача 3. В пространство, где одновременно действуют горизонтальное и вертикальное однородные электростатические поля, напряженность которых $E_2 = 4 \times 10^2 \frac{В}{м}$ и $E_в = 3 \times 10^2 \frac{В}{м}$, вдоль направления результирующего поля влетает электрон, скорость которого после прохождения пути $L = 2.7$ мм уменьшается в 2 раза. Определить скорость электрона в конце пути. Масса электрона $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ кг., его заряд $e = 1.6 \times 10^{-19}$ Кл.

Дано:	Решение:
$E_г = 4 \times 10^2 \frac{В}{м}$	Согласно принципу суперпозиции векторы напряженности
$E_в = 3 \times 10^2 \frac{В}{м}$	результирующей электростатического поля является векторной
$L = 2.7 \times 10^{-3}$ м	суммой напряженности двух полей
$v_2 = 2v_1$	$\vec{E} = \vec{E}_г + \vec{E}_в$

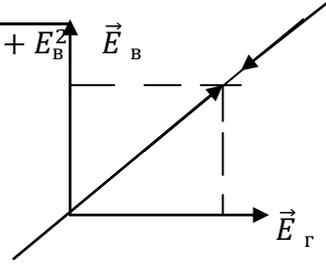
$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ кг}$$

и является диагональю прямоугольника сторонами которого

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$$

являются \vec{E}_B и \vec{E}_r , и модуль его равен $E = \sqrt{E_r^2 + E_B^2}$

$$v_2 = ?$$



На электрон, который влетел вдоль силовой линии результирующего поля, действует противоположно вектору \vec{E} и сила \vec{F} , модуль которой равен

$$F = e E = e \sqrt{E_r^2 + E_B^2}$$

Изменение кинетической энергии электрона равно работе силы F

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = - F e$$

Подставляя в эту формулу вместо F ее значение, а также $v_1 = 2v_2$ получим

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{m(2v_2)^2}{2} = -eL\sqrt{E_B^2 + E_r^2}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} - 2mv_2^2 = -eL\sqrt{E_B^2 + E_r^2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2eL}{3m} \sqrt{E_r^2 + E_B^2}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ Кл} \times 2.7 \times 10^{-3} \text{ м}}{3 \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ кг}} \sqrt{(4 \times 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}})^2 + (3 \times 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}})^2}} = 4 \times 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_2 = 4 \times 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Задача 4. Внутри шарового металлического слоя, внутренний и внешний радиусы которого R и $3R$, на расстоянии $r = \frac{R}{2}$ от центра находится точечный положительный заряд q . Чему равен потенциал в центре сферы?

Дано:

$$R$$

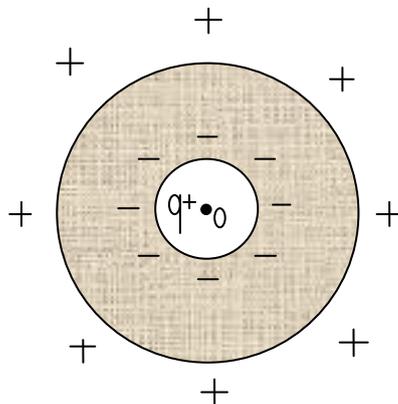
$$3R$$

$$r = \frac{R}{2}$$

$$q$$

$$\varphi = ?$$

Решение:



На внутренней и внешней поверхностях слоя появятся индуцированные заряды: отрицательные на внутреннем слое и положительные на внешнем слое, равные по модулю заряду q вследствие электростатической индукции.

Потенциал в центре O будет равен по принципу суперпозиции:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3, \text{ где } \varphi_1 = \frac{kq}{\frac{R}{2}} = \frac{2kq}{R}; \quad \varphi_2 = -\frac{kq}{R}, \quad \varphi_3 = \frac{kq}{3R}.$$

Тогда,
$$\varphi = \frac{2kq}{R} - \frac{kq}{R} + \frac{kq}{3R} = \frac{4kq}{3R}.$$

Ответ:
$$\varphi = \frac{4kq}{3R}.$$

Задача 5. N маленьких одинаково заряженных капелек ртути сливаются в одну большую, потенциал которой γ . Каков потенциал маленькой капельки?

Дано:

Решение:

N

$\gamma = \frac{kQ}{R}$, где Q – заряд большой капли, q – заряд маленькой капли $Q = Nq$.

γ

Пусть потенциал маленькой капли $\varphi_1 = \frac{kq}{r}$.

γ_1 - ?

Так как жидкость не снимаема, то радиусы капель найдем через их объемы

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = N\frac{4}{3}\pi r^3 \Rightarrow r = \frac{R}{\sqrt[3]{N}}, \text{ а } q = \frac{Q}{N}.$$

Найдем потенциал маленькой

$$\gamma_1 = \frac{kQ^3\sqrt[3]{N}}{NR} = \frac{\gamma}{\sqrt[3]{R^2}}$$

Ответ:
$$\gamma_1 = \frac{\gamma}{\sqrt[3]{R^2}}$$

Качественные задачи по теме «Электростатика»

1. Какое электростатическое поле – однородное или неоднородное – ближе по своим свойствам к полю силы тяжести у поверхности Земли? (Однородное).

2. Может ли потенциальная энергия заряда в электростатическом поле оставаться неизменной, если этот заряд перемещается? (Может, если заряд движется перпендикулярно силовым линиям, вдоль поверхности равного потенциала).

3. Кусок металла, ударяясь о жесткую преграду, электризуется. Какова причина этой электризации? Заряд какого знака появляется на куске металла? (При ударе свободные электроны продолжают свое движение по инерции и оставляют кусок металла, который поэтому электризуется положительно).

4. Два одинаковых конденсатора зарядили по одинаковой разности потенциала и отключили от источника. Один из них разрядили сразу же, получив некоторое количество теплоты, а в другом сначала сблизил пластины и лишь затем разрядили. Сравнить выделенные количества теплоты в обоих случаях. Как результат опытов согласуется с законом сохранения энергии? (Во втором случае выделенное количество теплоты будет

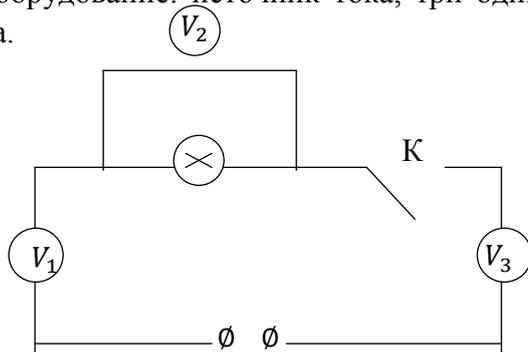
меньше, чем в первом, так как часть энергии поля была израсходована на совершение работы с силами кулоновского притяжения пластин в процессе их сближения).

5. Что происходило бы со стрелкой электрометра если бы ось вращения я проходила через центр тяжести стрелки? (Даже при ничтожно малой разности потенциалов стрелка бы отклонилась на всю шкалу).

Экспериментальные исследования

1. Соберите цепь по схеме. Показания какого вольтметра будут большими, если замкнуть ключ К.

Оборудование: источник тока, три одинаковые вольтметра, ключ, соединительные провода.



Ответ: Большими будут показания вольтметров V_1 и V_3 , так как сопротивление параллельного участка цепи (лампочка – вольтметр V_2) меньше сопротивлений вольтметров V_1 и V_3 .

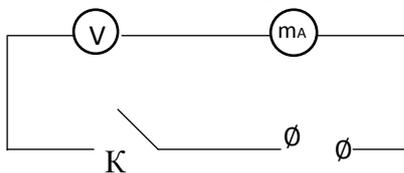
2. Определите сопротивление вольтметра.

Оборудование: миллиамперметр, вольтметр, сопротивление которого надо определить, источник тока, ключ, соединительные провода.

Ответ: Соберите цепь по схеме. Вычислите сопротивление вольтметра по закону Ома

$R_v = U_v I$ - где U_v - напряжение, которое показывает вольтметр;

I –сила тока, протекающего через вольтметр.



3. Определите удельное сопротивление данной проволоки.

Оборудование: источник тока, миллиамперметр, вольтметр, микрометр, линейка, ключ, соединительные провода.

Ответ:

Соберите электрическую цепь из последовательно соединенных проволоки, миллиамперметра, источника тока и ключа. Параллельно проволоке подключите

вольтметр. По закону Ома, зная U и I , определите сопротивление проволоки $R = \frac{U}{I}$. Из формулы сопротивления $R = \frac{\rho l}{S}$ найдите $\rho = \frac{US}{l}$. Площадь поперечного сечения S найдите, измерив диаметр d проволоки микрометром ($S = \frac{\pi d^2}{4}$). Окончательно $\rho = \frac{U \pi d^2}{4Il}$. Длину проволоки l измерьте линейкой.

4. Определите длину медной проволоки, использованной для намотки катушки, не разматывая ее.

Оборудование: катушка из медной проволоки, ключ, микрометр, вольтметр, амперметр, источник тока, соединительные провода.

Ответ: Измерьте силу тока I в катушке, подключенной к источнику тока, и напряжение U на ней. По закону Ома вычислите $R = \frac{U}{I}$. Сопротивление проволоки $R = \frac{\rho l}{S}$, где ρ – удельное сопротивление меди, откуда $l = \frac{RS}{\rho}$. Площадь поперечного сечения можно определить по формуле $S = \frac{\pi d^2}{4}$, где d – диаметр проволоки (измеряется микрометром).

5. Исследовать зависимости силы тока от длины рабочей части реостата; сделать выводы.

Оборудование: источник тока, резистор ($R = 2 \text{ Ом}$) на колодке, реостат ($R = 2 \text{ Ом}$); амперметр, ключ, линейка, соединительные провода.

Литература

1. Исаченкова Л.А. Опыты и экспериментальные задачи по физике. 7-8 класс: пособие для учащихся / Л.А. Исаченкова, В.В. Дорофейчик, А.В. Федотенко, А.Л. Валевич. – Минск: Аверсэв, 2002.

2. Капельян С.Н. Пособие-репетитор для подготовки к централизованному тестированию по физике: пособие для учащихся / С.Н. Капельян, Л.А. Аксенович. – Минск: Аверсэв, 2013.

3. Фурсов В.К. Задачи-вопросы по физике: пособие для учителей / В.К. Фурсов. – Москва: Просвещение, 1977.

4. Физика: Пособие для подготовки к ЦТ / С. Н. Капельян, В. А. Малашонак. – 7-ое изд., перераб. – Минск, 2010