

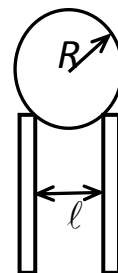
Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
Заключительный тур (2014/2015 уч.г.)

Задания, ключи и критерии оценивания

10 класс

Вариант № 1

Задание 1 (20 баллов). Шарик радиуса $R = 3$ см катится равномерно без скольжения по двум параллельным рейкам, расстояние между которыми $l = 4$ см, и за время $t = 2$ с проходит путь $S = 1,2$ м. С какой скоростью v движется верхняя точка шарика?



Решение:

Скорость центра шарика:

$$v_{ц} = \frac{S}{t} = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Шарик совершает вращательное движение относительно горизонтальной оси проходящей через точки соприкосновения шарика о рейки. У центра шарика и его верхней точки одинаковые угловые скорости относительно данной оси. С учетом того, что угловая скорость:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

(5 баллов)

Получаем:

$$\frac{v_{ц}}{x} = \frac{v}{x + R}$$

где $x = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ – расстояние от центра шарика до оси вращения **(5 баллов)**

Окончательный результат:

$$v = v_{ц} \frac{x+R}{x} = 0,6 \frac{\sqrt{5}+3}{\sqrt{5}} = 1,4 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Задание 2 (25 баллов). N одинаковых металлических шариков радиуса R соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода l намного больше величины радиуса шарика R . Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле известной

напряженности E . Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности. Какие по величине заряды индуцируются на крайних в цепочке шариках.

Решение:

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. (3 балла)

Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_B + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_B + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_B + 2k \frac{q}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

где $\Delta\varphi_B = E(N - 1)l$ – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. (5 баллов)

Получаем:

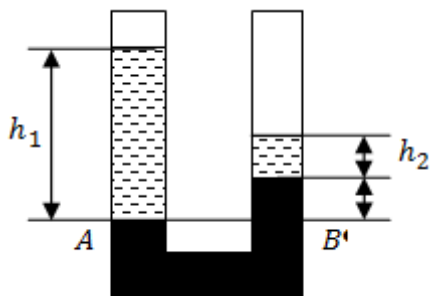
$$E(N - 1)l = 2k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$q = \frac{E(N-1)lR}{2k} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 3 (15 баллов). В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой $h_1 = 50$ см, в другой – столб керосина высотой $h_2 = 18$ см. Определить разность h уровней ртути в обоих сосудах. (Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, масла - $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, керосина - $\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.)

Решение:



Выберем в качестве поверхности одного уровня поверхность, проходящую по самой нижней границе раздела жидкостей масло – ртуть (см. рисунок). Жидкости находятся в равновесии, поэтому давление в точках А и В этой поверхности одинаковое: $p_A = p_B$.
Учитывая, что

$$p_A = p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

$$p_B = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h \quad (5 \text{ баллов})$$

можно записать

$$p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h$$

Отсюда находим h

$$h = \frac{\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{\rho} = \frac{0,9 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-2} - 0,8 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{13,6 \cdot 10^3} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 4 (20 баллов). Горизонтальные пластины плоского конденсатора присоединены к батарее с постоянной ЭДС. Между пластинами находится в состоянии покоя заряженный шарик массой m . Если расстояние между пластинами увеличить на 10 %, то, как при этом будет двигаться шарик? Чему равно ускорение этого движения? Размеры пластин велики по сравнению с расстоянием между ними.

Решение:

Сила, действующая на шарик со стороны электрического поля:

$$F = Eq \quad (4 \text{ балла})$$

где E – напряженность электрического поля, q – заряд шарика.

Поскольку конденсатор соединен с батареей, разность потенциалов между его обкладками все время постоянна и равна ε , а напряженность электростатического поля

$$E = \frac{\varepsilon}{d} \quad (4 \text{ балла})$$

где d – расстояние между пластинами конденсатора.

Второй закон Ньютона для шарика:

$$\frac{\varepsilon}{d} q = mg \quad (4 \text{ балла})$$

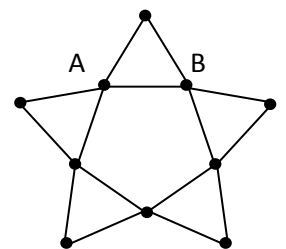
Если увеличить расстояние между пластинами, то сила, с которой электростатическое поле будет действовать на шарик, станет равной

$$F_1 = \frac{\varepsilon}{1,1d} q \quad (4 \text{ балла})$$

В связи с тем, что $F_1 < mg$, шарик начнет двигаться вниз с ускорением

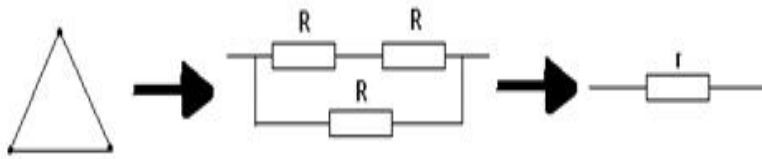
$$a = \frac{mg - F_1}{m} = \frac{1}{11} \frac{\varepsilon q}{dm} = \frac{10}{11} \text{ м/с}^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Задание 5 (20 баллов). Из одинаковых отрезков металлической проволоки собрали пятиконечную звезду, изображенную на рисунке. Сопротивление каждого отрезка равно 3 Ом. Определите сопротивление данной фигуры, между точками A и B .



Решение:

Если внимательно посмотреть на эту фигуру, то её элементарной ячейкой является треугольник сопротивлений. (5 баллов)



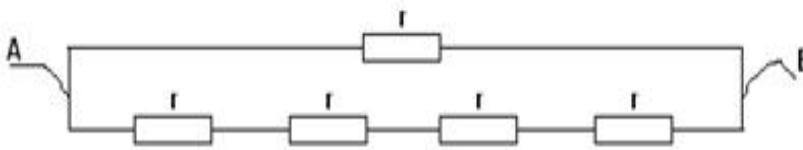
Сопротивление этого треугольника равно:

$$r = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R = 2 \text{ Ом}$$

(5 баллов)

Эквивалентная электрическая схема исходной фигуры:

(5 баллов)



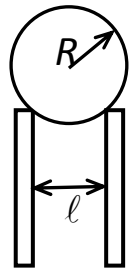
Сопротивление цепи между точками A и B будет равно:

$$R_{AB} = \frac{4r \cdot r}{4r + r} = \frac{4}{5}r = 1,6 \text{ Ом}$$

(5 баллов)

Вариант № 2

Задание 1 (20 баллов). Шарик радиуса $R = 4$ см катится равномерно без скольжения по двум параллельным рейкам, расстояние между которыми $l = 4$ см, и за время $t = 4$ с проходит путь $S = 1,6$ м. С какой скоростью v движется нижняя точка шарика?



Решение:

Скорость центра шарика:

$$v_{ц} = \frac{S}{t} = \frac{1,6}{4} = 0,4 \text{ м/с}$$

(5 баллов)

Шарик совершает вращательное движение относительно горизонтальной оси проходящей через точки соприкосновения шарика о рейки. У центра шарика и его нижней точки одинаковые угловые скорости относительно данной оси. С учетом того, что угловая скорость:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

(5 баллов)

Получаем:

$$\frac{v_{ц}}{x} = \frac{v}{R-x}$$

где $x = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}$ – расстояние от центра шарика до оси вращения (5 баллов)

Окончательный результат:

$$v = v_{ц} \frac{R-x}{x} = 0,4 \frac{4-\sqrt{12}}{\sqrt{12}} = 0,06 \text{ м/с} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 2 (25 баллов). N одинаковых металлических шариков радиуса R соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода l намного больше величины радиуса шарика R . Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле. Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности, при этом известно, что на крайних шариках появляется индуцированный заряд q . Определить напряженность электрического поля.

Решение:

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. (3 балла)

Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_{в} + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_{в} + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_{в} + 2k \frac{q}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

где $\Delta\varphi_{в} = E(N-1)l$ – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. (5 баллов)

Получаем:

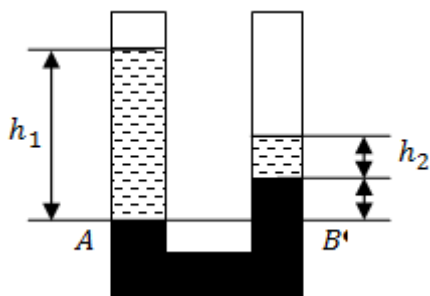
$$E(N-1)l = 2k \frac{q}{R} \quad (5 \text{ баллов})$$

Окончательный результат:

$$E = \frac{2kq}{R(N-1)l} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 3 (15 баллов). В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой $h_1 = 25$ см, в другой – столб керосина высотой $h_2 = 8$ см. Определить разность h уровней ртути в обоих сосудах. (Плотность ртути $\rho = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, масла - $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³, керосина - $\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³.)

Решение:



Выберем в качестве поверхности одного уровня поверхность, проходящую по самой нижней границе раздела жидкостей масло – ртуть (см. рисунок). Жидкости находятся в равновесии, поэтому давление в точках А и В этой поверхности одинаковое: $p_A = p_B$. Учитывая, что

$$p_A = p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 \quad (5 \text{ баллов})$$

$$p_B = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h \quad (5 \text{ баллов})$$

можно записать

$$p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 = p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 + \rho g h$$

Отсюда находим h

$$h = \frac{\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{\rho} = \frac{0,9 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-2} - 0,8 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{13,6 \cdot 10^3} = 1,18 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задание 5 (20 баллов). Горизонтальные пластины плоского конденсатора присоединены к батарее с постоянной ЭДС. Между пластинами находится в состоянии покоя заряженный шарик массой m . Если расстояние между пластинами уменьшить на 20 %, то, как при этом будет двигаться шарик? Чему равно ускорение этого движения? Размеры пластин велики по сравнению с расстоянием между ними.

Решение:

Сила, действующая на шарик со стороны электрического поля:

$$F = Eq \quad (4 \text{ балла})$$

где E – напряженность электрического поля, q – заряд шарика.

Поскольку конденсатор соединен с батареей, разность потенциалов между его обкладками все время постоянна и равна ε , а напряженность электростатического поля

$$E = \frac{\varepsilon}{d} \quad (4 \text{ балла})$$

где d – расстояние между пластинами конденсатора.

Второй закон Ньютона для шарика:

$$\frac{\varepsilon}{d}q = mg \quad (4 \text{ балла})$$

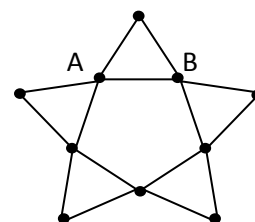
Если уменьшить расстояние между пластинами, то сила, с которой электростатическое поле будет действовать на шарик, станет равной

$$F_1 = \frac{\varepsilon}{0,8d}q \quad (4 \text{ балла})$$

В связи с тем, что $F_1 > mg$, шарик начнет двигаться вверх с ускорением:

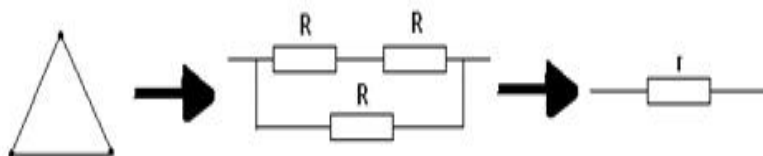
$$a = \frac{F_1 - mg}{m} = \frac{\frac{\varepsilon}{0,8d}q - mg}{m} = 2,5 \text{ м/с}^2 \quad (4 \text{ балла})$$

Задание 4 (20 баллов). Из проводников одинаковой длины собрали фигуру, показанную на рисунке. Сопротивление одного проводника равно 4 Ом. Определите сопротивление всей фигуры, если её в цепь подключать точками A и B.



Решение:

Если внимательно посмотреть на эту фигуру, то её элементарной ячейкой является треугольник сопротивлений. (5 баллов)

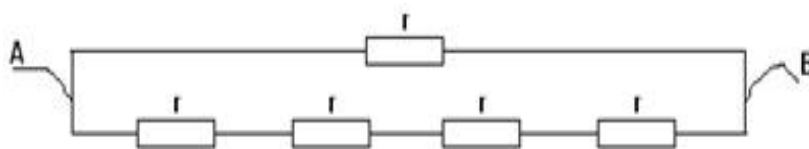


Сопротивление этого треугольника равно:

$$r = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R = \frac{8}{3} \text{ Ом} \quad (5 \text{ баллов})$$

Эквивалентная электрическая схема исходной фигуры:

(5 баллов)



Сопротивление цепи между точками A и B будет равно:

$$R_{AB} = \frac{4r \cdot r}{4r + r} = \frac{4}{5}r \approx 2,1 \text{ Ом} \quad (5 \text{ баллов})$$

Олимпиада «Звезда - Таланты на службе обороны и безопасности»
ФИЗИКЕ
2015

23 марта 2015 года

ПРОТОКОЛ № 1
заседания жюри
олимпиады «Звезда - Таланты на службе обороны и безопасности» по физике

ПРИСУТСТВОВАЛИ: Воронцов А.Г., Герасимов В.К., Иголеви́ч И.А.

СЛУШАЛИ: о распределении баллов победителей и призеров олимпиады

ПОСТАНОВИЛИ:

11 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 -95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

10 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 85 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 84 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

9 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 50 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 49 – 45 баллов.

Председатель жюри



Воронцов А.Г.