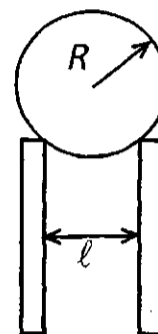


**Вариант №2.**

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

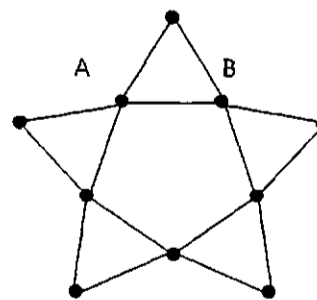


**Задание 2 (25 баллов).**  $N$  одинаковых металлических шариков радиуса  $R$  соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода  $l$  намного больше величины радиуса шарика  $R$ . Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое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

**Задание 3 (15 баллов).** В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд налит столб масла высотой  $h_1 = 25 \text{ см}$ , в другой – столб керосина высотой  $h_2 = 8 \text{ см}$ . 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 -  $\rho_2 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .)

**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.

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



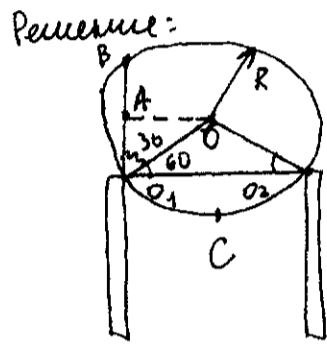


Олимпиада школьников  
Звезда - таланты  
на службе обороны  
и безопасности

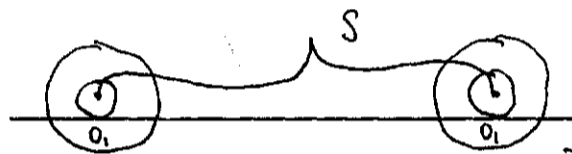
Шифр 61-01-10-11

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	8	10	15	20	4			57

**Задача 1.**  
Дано:  
 $R = 0,04 \text{ м}$   
 $l = 0,04 \text{ м}$   
 $S = 1,6 \text{ м}$   
 $t = 4 \text{ с}$   
 $v = ?$



Рассмотрим  $\triangle OO_1O_2$ :  $OO_1 = OO_2 = R$ ;  $O_1O_2 = l$   
Но  $R = l$  по условию  $\Rightarrow \triangle OO_1O_2$  - равносторонний  
Значит  $\angle OO_1O_2 = 60^\circ \Rightarrow \angle BO_1O = 30^\circ$   
Заметим, что точка  $O_1$  вращается по окружности радиусом  $OA = R \cos \angle BO_1O = \frac{R\sqrt{3}}{2}$   
Итак,  $R_1 = \frac{R\sqrt{3}}{2}$  (1)



Центр шара прошел путь  $S$  за время  $t$ ; его скорость  $v = \frac{S}{t}$  (движение равномерное)

Но движение точек окр-ти радиусом  $R$  по рейке было без проскальзывания  $\Rightarrow$   $\Rightarrow$  скорость точки  $O$  постоянна и равна  $v = \frac{S}{t}$  (равна скорости центра шара). (2)

Если рассмотрим вращение:

1) Точки  $O_1$  по окружности радиусом  $R_1 = \frac{R\sqrt{3}}{2}$

2) Точки  $C$  (скорость к-рай по шарику) по окружности радиусом  $R$

Но можно заметить, что угловые скорости  $\omega$  вращения этих точек равны (т.к. обе принадлежат одному и тому же телу)

Вспомогательная скорость точек через  $\omega$  и радиусы:

$$v_{O_1} = v = \omega R_1 \quad \text{и подставим (1) и (2)}$$

$$v = v = \omega R$$

$$\frac{S}{t} = \frac{v}{\omega} = \frac{v}{\frac{v}{R_1}} \Rightarrow v = \frac{2S}{t\sqrt{3}}$$

$$v = \frac{2 \cdot 1,6 \text{ м}}{4 \text{ с} \cdot \sqrt{3}}; \quad v \approx 0,46 \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } v = 0,46 \text{ м/с}$$

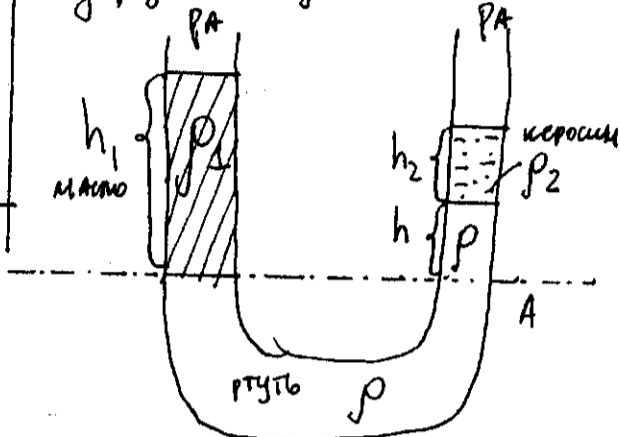
**Задача 3**

Дано:  
 ртуть  
 $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$   
 масло  
 $\rho_1 = 9 \cdot 10^2 \frac{кг}{м^3}$   
 $h_1 = 0,25 м$   
 керосин  
 $\rho_2 = 8 \cdot 10^2 \frac{кг}{м^3}$   
 $h_2 = 0,08 м$   
 $h = ?$

Решение:

Для начала сравним давления, производимое столбами масла и керосина:  $\rho_1 V \rho_2$ ;  $\rho_1 g h_1$  и  $\rho_2 g h_2$ . П.к.  $\rho_1 > \rho_2$ , то давление столба масла больше.  
 $h_1 > h_2$

Эту разность давлений эквивалентует столб ртути (см. рис)



Выберем уровень А, ниже которого летит только однородная жидкость (ртуть)

Давление столбов над этим уровнем будет одинаковым:

$$p_A + \rho_1 g h_1 = p_A + \rho_2 g h_2 + \rho g h$$

$$\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2 = \rho h \Leftrightarrow h = \frac{1}{\rho g} [\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2]$$

$$h = \frac{1}{13600} [900 \cdot 0,25 - 800 \cdot 0,08] (м)$$

$$h = 0,0118 м \text{ или } h = 1,18 см \approx 1,2 см \quad \text{Ответ: } h = 1,2 см$$

**Задача 4**

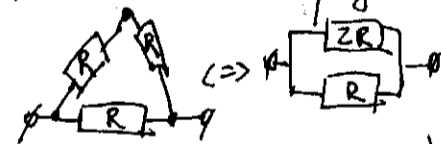
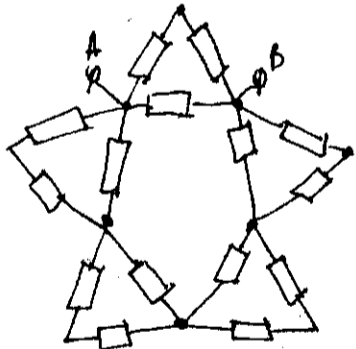
Дано:  
 $R = 40 м$   
 $R_0 = ?$

Решение

Сопротивление каждого участка  $R = 40 м$ . Заметим, что "звезда" состоит из пяти "треугольников", причем 4 последовательно соединены, "треугольника" параллельно подключены к пятому. Найдем сопротивление 1 треугольника:

$$R_{\Delta} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2R}{3} \quad (1)$$

Наша схема эквивалентна следующей: ( $R_0$  - общее сопр-е цепи)



$$A \text{ --- } R_0 \text{ --- } B \Rightarrow R_0 = \frac{R_0 \cdot 4R_0}{R_0 + 4R_0}$$

$$R_0 = \frac{4}{5} R_0 \quad (\rightarrow (2))$$

$$R_0 = \frac{8}{15} R \quad \text{ответ}$$

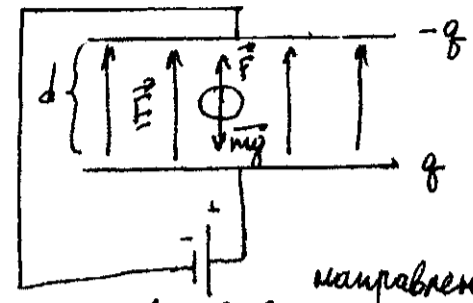
$$\text{Итак, } R_0 = \frac{32}{15} Ом, R_0 \approx 2,13 Ом.$$

Ответ:  $R_0 = 2,13 Ом.$

**Задача 5**

Дано:  
 $m$   
 $d = 0,8d$   
 $a = ?$

Решение.



1) И.к. конденсатор подключен к источнику с постоянной ЭДС, то заряды на пластинах одинаковы по модулю, но разные по знаку:

2) На шарик действует сила тяжести  $mg$ , направленная вниз и сила со стороны эл. поля направленная вверх, чтобы шарик оставался в покое, необходимо, чтобы она была направлена вертикально вверх

Условно  $F = mg$  (покой)  
 Заряд шарика  $-Q \Rightarrow F = EQ$ , где  $E$  - напряженность поля

$|E| = 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d^2}$  Итого,  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2qQ}{d^2} = mg$

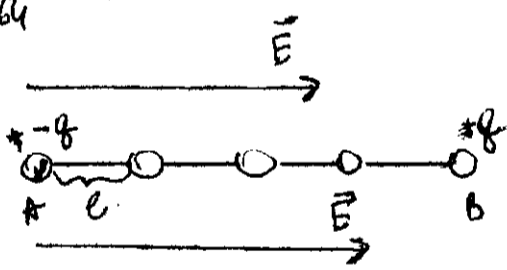
После уменьшения  $d$  на 20% новая напряженность стала  $E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2qQ}{0,64d^2} > E$   
 Значит и сила стала больше  $\Rightarrow$  шарик стал равноускоренно двигаться

вертикально вверх. Запишем IIЗН на OX:  $ma = F_1 - mg$ ;

$ma = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2qQ}{0,64d^2} - mg$   
 $a = \frac{mg}{0,64} - mg$ ;  $a = 0,5625g$   $a \approx 5,625 \text{ м/с}^2$   
 Ответ:  $a = 5,625 \text{ м/с}^2$

**Задача 8**

$N, l, R$   
 $E = ?$



Длина цепочки  $L = (N-1)l$  см.  $R \ll L$  по сравнению с

Потенциал точки B относительно A  
 $\varphi_B = EL$   
 $\varphi_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$

$EL(N-1) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$   
 Ответ:  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R(N-1)}$