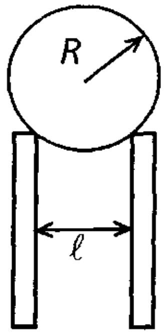
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ,
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

**Олимпиада школьников**
**«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике**
**2014/2015уч.г.**
**10 класс**

## Вариант №1.



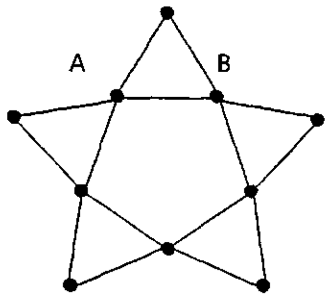

**Задание 1 (20 баллов).** Шарик радиуса $R = 3\,см$ катится равномерно без скольжения по двум параллельным рейкам, расстояние между которыми $l = 4\,см$, и за время $t = 2\,с$ проходит путь $S = 1{,}2\,м$. С какой скоростью $v$ движется верхняя точка шарика?

**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.

**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 $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3 кг/м^3$, масла - $\rho_1 = 0{,}9 \cdot 10^3 кг/м^3$, керосина - $\rho_2 = 0{,}8 \cdot 10^3 кг/м^3$.)

**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?

**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 $B$.



Шифр 61-01-10-5

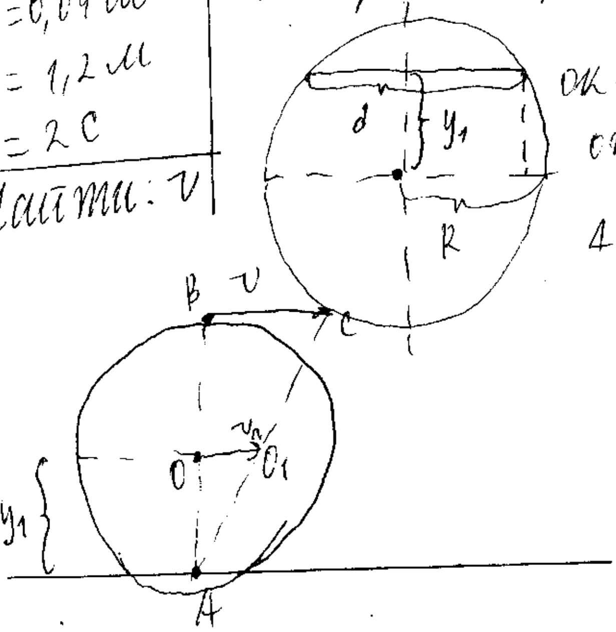
Олимпиада школьников
Звезда - таланты на службе обороны и безопасности

| Задание | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Всего |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Баллы | 20 | 0 | 12 | 0 | 20 | | | 52 |

№1

Дано:
$R = 0{,}03$ м
$d = 0{,}04$ м
$l = 1{,}2$ м
$t = 2$ с
Найти: $v$

Решение
$v_л = \frac{l}{t}$, где $v_л$ - линейная скорость ~~секе~~ центра шарика $v_л = 0{,}6$ м/с



Формула математическая ок-ти имеет вид $y^2 + x^2 = R^2 \Rightarrow$ отрезок $y_1 = \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \sqrt{5}$ см

$\triangle AOO_1 \approx BCA \Rightarrow$

$\frac{v_л}{v} = \frac{y_1}{R+y_1} \Leftrightarrow \frac{0{,}6}{v} = \frac{\sqrt{5}}{3+\sqrt{5}} \Rightarrow$

$v = \frac{1{,}8 + 0{,}6\sqrt{5}}{\sqrt{5}} \approx 1{,}4$ м/с

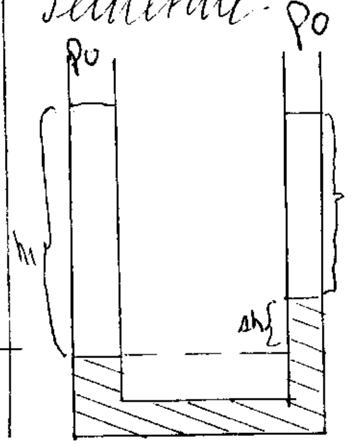
20

Ответ: $v = 1{,}4$ м/с

~~№2~~ №3

Дано:
$\rho_р = 13{,}6 \cdot 10^3$ кг/м³
$\rho_м = 0{,}9 \cdot 10^3$ кг/м³
$\rho_к = 0{,}8 \cdot 10^3$ кг/м³
$h_1 = 50$ см
$h_2 = 18$ см
Найти: $\Delta h$

Решение:



~~$h_1 \rho_м g = \Delta h g \rho_р$~~

$p_0 + h_1 \cdot \rho_м \cdot g = \Delta h \cdot g \cdot \rho_р + h_2 g \rho_к + p_0$

$0{,}5 \cdot 0{,}9 \cdot 10^3 = \Delta h \cdot 13{,}6 \cdot 10^3 + 0{,}8 \cdot 10^3 \cdot 0{,}18$

$0{,}45 = \Delta h \cdot 13{,}6 + 0{,}144$

$\Delta h = \frac{0{,}306}{13{,}6} \approx 2{,}2$ см

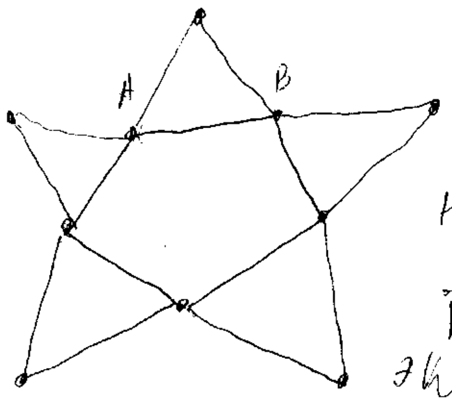
Ответ: $\Delta h \approx 2{,}2$ см

12

Нет ~~общего~~ конечного соотношен. для $\Delta h$

№5

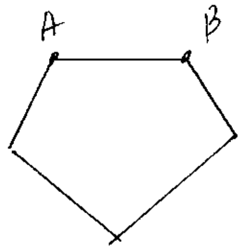
Дано: $R_1 = 3\,Ом = R_2 = \ldots R_n$.
Найти: $R_{об}$




Решение:
Разобьем схему на 5 одинаковых $\Delta$, обозначим сопротивление 1 треуг. $-R_T$, найдем сопротивление $\Delta$

5

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} \Rightarrow R_T = \frac{2}{3}R = 2\,Ом$$ 5 Построим эквивалентную схему. Сопротив. каждого участка $R_T$ 5 5 $\Sigma 20$



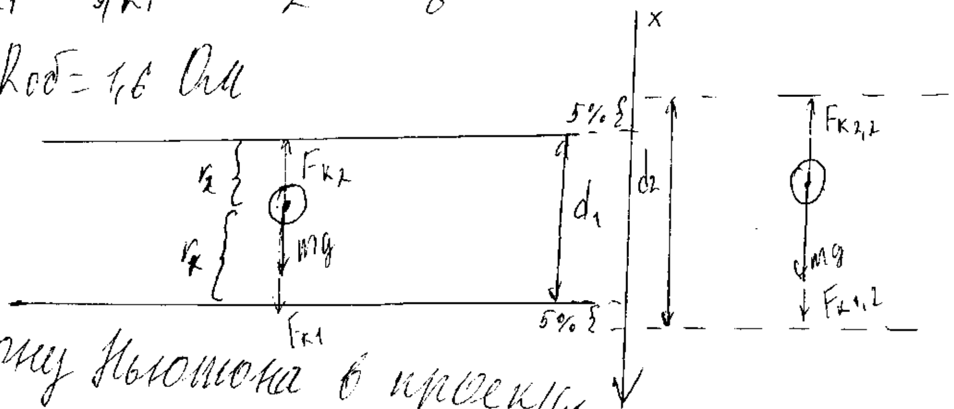

$$\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{R_T} + \frac{1}{4R_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{8} \Rightarrow R_{об} = \frac{8}{5} = 1{,}6\,Ом$$

Ответ: $R_{об} = 1{,}6\,Ом$

№4

Дано:
$m$
$d_2 = 1{,}1 d_1$
Найти: $a$

Решение:




По 2 закону Ньютона в проекции на ось x

0

$$1)\ \begin{cases} mg + F_{K_1} - F_{K_2} = 0 \\ mg + F_{K\,1,2} - F_{K\,2,2} = ma \end{cases}$$

$F_{K2}$ должна быть больше $F_{K1}$, чтобы уравновесить $mg$ и $F_{K1}$ $\Rightarrow r_2 < r_1 \Rightarrow F_{K2} = F_{K1} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$

$$F_{K1,2} = \frac{k\, q_ш \cdot q_K}{r_0^2} = \frac{k \cdot q_ш \cdot q_K}{(r_1 + 0{,}05 r_1)^2} = \frac{k \cdot q_ш \cdot q_K}{1{,}05^2 r_1^2}$$, где $q_ш$ – заряд шара, $q_K$ – заряд пластины конденсатора, $k$ – коэффициент

$$F_{K2} = \frac{q_ш \cdot q_K \cdot k}{r_2^2};\quad F_{K1} = \frac{q_ш \cdot q_K \cdot k}{r_1^2};\quad F_{K2,2} = \frac{k\, q_ш\, q_K}{(r_2 + 0{,}05 r_2)^2} = \frac{k\, q_ш\, q_K}{1{,}05^2 \cdot r_2^2} \Rightarrow$$

$$\frac{F_{K2,2}}{F_{K1,1}} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad и \quad \frac{F_{K1}}{F_{K1,1}} = \frac{F_{K2}}{F_{K2,2}} = \frac{1}{1{,}05^2}$$. Введем полученные замены в урав. 1)

$$\begin{cases} mg + F_{K1} - \frac{r_1^2}{r_2^2} F_{K1} = 0 \\ mg + \frac{F_{K1}}{1{,}05^2} - \frac{F_{K1}}{1{,}05^2} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} = ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} mg + \left(1-\frac{V_1^2}{V_2^2}\right)F_{k1} = 0 \\ mg + \left(1-\frac{V_1^2}{V_2^2}\right)\cdot\frac{F_{k1}}{1{,}05^2} = ma \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \left(1-\frac{V_1^2}{V_2^2}\right)\cdot F_{k1} = -mg \\ \left(1-\frac{V_1^2}{V_2^2}\right)\cdot F_{k1} = (ma-mg)\cdot 1{,}05^2 \end{cases}$$

Вычитаем из верхнего ур-ния нижнее

$$(mg - ma)\cdot 1{,}05^2 = mg$$

$$1{,}05^2 \cancel{m}a = 1{,}05^2 \cancel{m}g - \cancel{m}g$$

$a = g\left(1 - \frac{1}{1{,}05^2}\right) \approx 0{,}93$ м/с² ускорение ~~как~~ сонаправлено с осью x т.к. проекция положительна

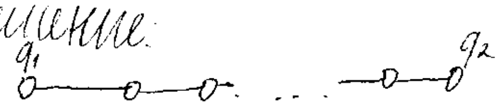
Ответ: $a = 0{,}93$ м/с²

№2

Дано: $N, l, E$

Найти: $q_1, q_2$

Решение:



$E \rightarrow$

Т.к. цепочка неподвижна, то силы, действующие на тело с зарядом $q_2$ уравновешены

Заряд $q_2 = -(n-1)q$, ~~за~~ $q_1 = q$ ⊖ По 2 закону Ньютона

$$E\cancel{mq} = \frac{\cancel{(n-1)}q\cdot qk}{l^2} + \frac{\cancel{(n-1)}q\cdot qk}{4l^2} + \dots + \frac{\cancel{(n-1)}q\cdot q\cdot k}{(N-1)^2 l^2},$$

где $(n-1)q$ – заряд $q_2$, $q$ – заряд $q_1$, $k$ – коэф.

$$E = \frac{kq}{l^2}\left(1 + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{(N-1)^2}\right) \Rightarrow q = q_1 = \frac{El^2}{k\left(1+\frac{1}{4}+\dots\frac{1}{(N-1)^2}\right)}$$

$$q_2 = -(n-1)q_1 = \frac{-(N-1)El^2}{k\left(1+\frac{1}{4}+\dots+\frac{1}{(N-1)^2}\right)}$$

$$|q_1| = q_2$$

Ответ: $q_1 = \frac{El^2}{k\left(1+\frac{1}{4}+\dots\frac{1}{(N-1)^2}\right)}$; $q_2 = -(n-1)q_1$

0