Титульный лист

победителя
регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников
2021 года по физике

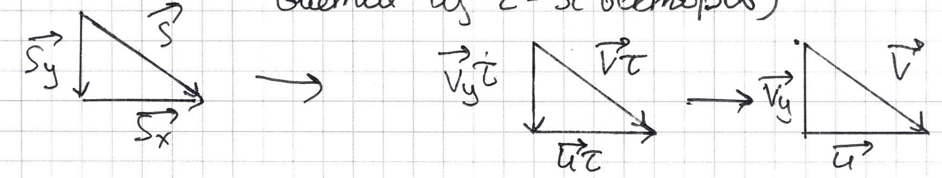
Участник	Класс	Количество баллов
Чечуров В.С.	10	55

	1	2	3	4	5	Σ
До апелляции						
Подпись						
После апелляции						
Подпись						

~~Зад~~ Задача 1.10.1

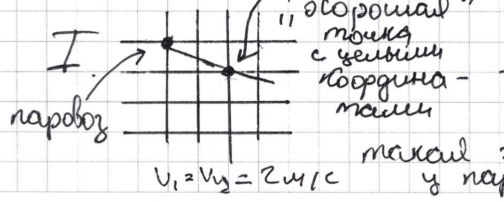
Если мы будем рассматривать движение дыма относительно паровоза в каждый запечатлённый момент, то скорость частиц дыма можно разбить на составляющие Запад → Восток (равна скорости ветра u) и Север → Юг (по модулю равна скорости паровоза в момент, запечатлённый на фотографии)

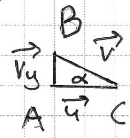
На небольшом расстоянии от паровоза траектория дыма является почти идеальной линией. Рассмотрим перемещение частиц дыма (складывается из 2-х векторов)



$\vec{u}$ - скорость ветра и горизонтальная составляющая скорости частиц дыма (З → В), $\vec{V_y}$ - равна по модулю скорости паровоза в данный момент.

Найдём V_y дыма (а значит и скорость паровоза в каждый момент времени)



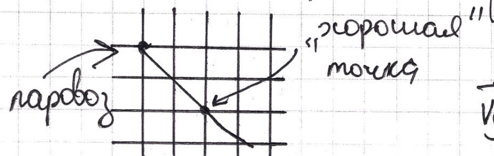


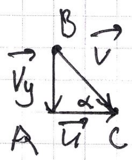
$V_y = u \operatorname{tg}\alpha$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{1}{2}$

такая же скорость у паровоза → $V_y = u \cdot \frac{1}{2} = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2$ (м/с)

II Если сделать также как и с первым снимком ~~тр~~ и продолжить линии сетки и траекторию ~~до~~ то получится такая картина: (в начале она практически прямая)





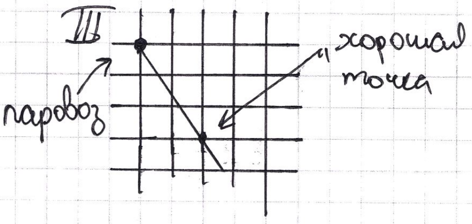
$v_y = u \operatorname{tg}\alpha$

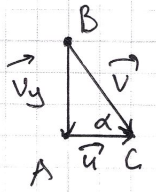
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{2}{2} = 1$

$v_y = 4 \cdot 1 = 4$ м/с

$v_2 = v_y = 4$ м/с

III





$v_y = u \operatorname{tg}\alpha$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{3}{2}$

$v_y = u \cdot \frac{3}{2} = 4$ м/с $\cdot \frac{3}{2} = 6$ м/с

$v_3 = v_y = 6$ м/с

Найдем τ:

$\tau = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{4\text{ м/с} - 2\text{ м/с}}{0{,}4\text{ м/с}^2} = 5$ с

$\tau = \frac{v_3 - v_2}{a} = \frac{6\text{ м/с} - 4\text{ м/с}}{0{,}4\text{ м/с}^2} = 5$ с

(результаты совпадают, что удовлетворяет условию)

Найдем длину одной клеточки. Рассмотрим движение паровоза на участке $I \to II$. За него он прошел 6 клеточек, и: $(N=6)$

$S_{12} = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)\tau = \frac{2\text{ м/с} + 4\text{ м/с}}{2} \cdot 5\text{ с} = 15$ м

$x = \frac{S_{12}}{\cancel{N\tau}} = \cancel{\frac{15м}{5с}} = 3 \quad \cancel{\frac{15м}{4}} = \frac{15м}{6} = 2{,}5$ м

(x – длина стороны одной клетки)

К моменту снимка I паровоз успел отдалиться от т. O на $S_{1x} = 2{,}5$ ~~м~~ м $\cdot 5 = 12{,}5$ м и развить скорость $v_1 = 2$ м/с, т.е. он ехал:

$\tau_1 = \frac{v_1}{a} = \frac{2\text{ м/с}}{0{,}4\text{ м/с}^2} = 5$ с

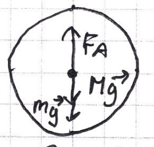
А проехать успел $S_x = \frac{v_1}{2} \cdot \tau_1 = \frac{2\text{ м/с}}{2} \cdot 5\text{с} = 5$ м

Т.е. ~~он~~ в неподвижном состоянии он был на расстоянии от т. O в ~~12,5м~~ ~~S~~ $\Delta S = S_{1x} - S_x = 12{,}5 - 5\text{м} = 7{,}5$ м

Ответ. $\tau = 5$ с, $\Delta S = 7{,}5$ м.

Задача 1.10.3

Условие полёта шара:



$$F_A = mg + Mg$$

$$F_A = (\rho_a - \cancel{\rho_{He}}) Vg$$

где ρ_a – плотность атмосферы вокруг шара, ρ_{He} – плотность гелия внутри шара, V – объём шара

$$(\rho_a - \cancel{\rho_{He}}) Vg = mg + Mg \;; \quad M = S\sigma = 4\pi r^2 \sigma$$

$$(\rho_a - \cancel{\rho_{He}}) V = \rho_{He} V + 4\pi r^2 \sigma$$ (M – масса оболочки шара, S – площадь об. шара)

Выразим плотности: (ρ_{He}, ρ_a – плотность гелия в шаре и атмосферы вокруг шара)

$$pV = \frac{m}{M} RT$$ – ур-ние Менделеева-Клапейрона для газов

$$pV = \frac{\rho V}{M} RT$$

p – давление

$$p = \frac{\rho}{M} RT \rightarrow \rho = \frac{pM}{RT} \rightarrow$$ ρ – плотность

подставим в получившееся ур-ние.

$$\left(\frac{p_0 M_B}{RT} - \cancel{\frac{p_{He} M_{He}}{RT}}\right) V = \frac{p_{He} M_{He}}{RT} V + 4\pi r^2 \sigma$$

$p_0 = p_{He}$, иначе шар будет либо расширятся или сжиматься, а мы принимаем его V за постоянным.

$p = p_0 = p_{He}$

$$\left(\frac{p(M_B - \cancel{M_{He}})}{RT}\right) V = \frac{pM_{He}}{RT} V + 4\pi r^2 \sigma$$

1) $$\left(\frac{p(M_B - 2M_{He})}{RT}\right) V = 4\pi r^2 \sigma$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \rightarrow V = \frac{mRT}{pM}$$ (чем больше масса тем больше объём шара, до какого-то момента, пока радиус шара $\neq r$)

При наибольшем объёме будет наибольшая ~~от~~ F_A, т.к. $F_A = V(\rho_a - \rho_{He})g$, примим тогда $V = V_{max} = \frac{4}{3}\pi r^3$, подставим в ур-ние.

$$\left(\frac{p(M_в - \cancel{8}M_{не})}{RT}\right)\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 = 4\pi r^2\delta$$

$$\left(\frac{p(M_в - \cancel{8}M_{не})}{RT}\right)\cdot\frac{1}{3}r = \delta$$, получается, что:

$$\frac{\delta}{r} \le \frac{1}{3}\left(\frac{p_0(M_в - \cancel{8}M_{не})}{RT}\right)$$

↘ при таком соотношении шар сможет взлететь хотя бы ~~к~~ максимальном V, когда F_A — максимальна.

Вернёмся к ур-нию 1.

$$\left(\frac{p_0(M_в - \cancel{M}M_{не})}{RT}\right)V \ge 4\pi r^2\delta;$$

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$m = \frac{p_0 V M}{RT}$$

$$V \ge \frac{4\pi r^2\delta RT}{p_0(M_в - \cancel{8}M_{не})} \quad \Big|\cdot\frac{p_0 V}{RT}$$

$$m \ge \frac{4\pi r^2\delta}{(M_в - \cancel{8}M_{не})}$$ — нижняя граница массы.

Найдём ~~верхню~~ее значение массы, для этого раздуем шар на максимум и будем продолжать его раздувать, пока масса гелия в нём не станет слишком большой. $V = V_{max} = \frac{4}{3}\pi r^3$

$$\left(\frac{p(M_в - \cancel{M_{не}})}{RT}\right)\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 \ge m + 4\pi r^2\delta$$

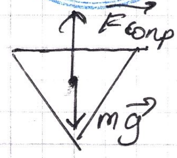
$$m \le \frac{4p(M_в - \cancel{M_{не}})\pi r^3}{3RT} - 4\pi r^2\delta$$

Ответ. $$\frac{4\pi r^2\delta}{(M_в - \cancel{8}M_{не})} \le m \le \frac{4p(M_в - \cancel{M_{не}})\pi r^3}{3RT} - 4\pi r^2\delta$$

$$\frac{\delta}{r} \le \frac{1}{3}\left(\frac{p_0(M_в - \cancel{8}M_{не})}{RT}\right).$$

Задача 1.10.4.

В условии гарантируется, что при запуске с высоты в 0,6÷0,7 м конус при подлёте к датчикам будет двигаться равномерно, это значит, что $F_{сопр}$ и сила тяжести уравняются к этому моменту



$$F_{сопр} = mg \ ; \ F_{сопр} = k v^n$$

$$k v^n = mg.$$

Скорость равна отношению расстоянию между датчиками $S =$ ~~23±0~~ $0,230 \pm 0,0005$ м к затраченному времени на полёт между ними.

$$v = \frac{S}{t}$$

$$k\left(\frac{S}{t}\right)^n = mg$$

Запишем это ур-ние для нескольких запущенных конусов.

Для первого:

$$k\left(\frac{S}{t_1}\right)^n = m_1 g$$

t_1 = разности времени при первых ~~п~~ или вторых падениях 4 на датчиках: $t_1 = T_3 - T_1$ или $t_2 = T_4 - T_2$. Для большей точности возьмём их среднее арифметическое

$$t_1 = \frac{T_3 - T_1 + T_4 - T_2}{2}$$ (T_1, T_2, T_3, T_4 – для первого замера)

минус

$$k\left(\frac{0,23 \cdot 2}{-0,161 - 0,181 + 0,372 + 0,386}\right)^n = 0,000533 \cdot 10$$

$$k\left(\frac{2S}{T_4 + T_3 - T_2 - T_1}\right)^n = mg$$

$$k\left(\cancel{3,53}\ 1,1\right)^n = 0,00533$$

$$k = \frac{0,00533}{(\cancel{3,53}\ 1,1)^n}$$

Для другого конуса массой $m_2 = 0,00099$ кг:

$$k\left(\frac{S}{t_2}\right)^n = m_2 g$$

$$k\left(\frac{2 \cdot S}{T_3 - T_1 + T_4 - T_2}\right)^n = m_2 g$$

$$k\left(\frac{2\cdot 0{,}23}{0{,}257-0{,}120+0{,}277-0{,}131}\right)^n = \cancel{\ldots}\ 0{,}00099\cdot 10$$

$$k\ (1{,}625)^n = 0{,}0099$$

Подставим вместо $k = \dfrac{0{,}00533}{(1{,}1)^n}$

$$\frac{0{,}00533\cdot(1{,}625)^n}{(1{,}1)^n} = 0{,}0099$$

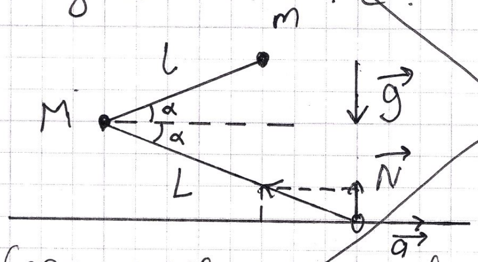
$$\left(\frac{1{,}625}{1{,}1}\right)^n = \frac{0{,}0099}{0{,}00533}$$

$$1{,}48^n = 1{,}86$$

$$n \approx 1{,}5$$

Ответ. $n \approx 1{,}5$

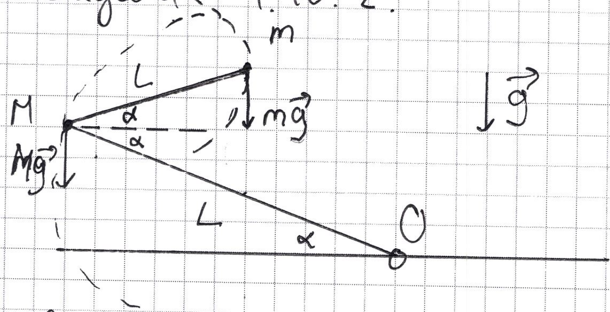
Задача 1.10.2.



~~Сразу после начала движения шарнир и груз двигаются вниз с ускорением $\vec{g}$, стержень, соединяющий M и m по сути твёрдое тело, все его точки двигаются~~

Сразу после начала движения

Задача 1.10.2.

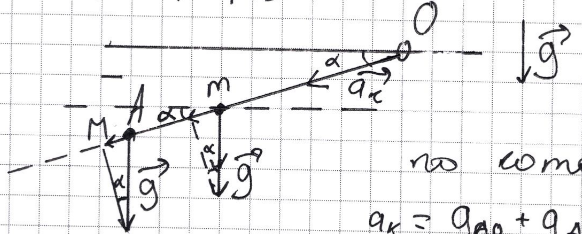


Сразу после начала движения шарнир и груз ~~к~~ начинают двигаться как бы по окружностям с радиусами L и L соответственно.

Стержень, ~~А~~ соединяющий M и m является твёрдым телом, изначально он не вращался поэтому все его точки будут двигаться вниз с одинаковой скоростью и ускорением поэтому груз и шарнир будут двигаться вниз с ускорением $\vec{g}$, т.к. спица гладкая, то стержень с кольцом не будет ~~в~~ ~~вли~~ вначале влиять на ускорение шарнира, из-за отсутствия силы трения между кольцом и спицей.

$a_{ш0} = g$; $a_{г0} = g$

Т.к. груз и шарнир имеют одинаковое ускорение (до некоторого момента времени) и начальные скорости, то угол стержня длины L ~~над~~ относительно горизонта будет одинаков. Момент, когда шарнир, груз и колечко на одной линии



Спроецируем в этот момент времени ускорения шарнира и грузика на ось AO, ~~т~~ по которой действует $\vec{a_к}$, тогда

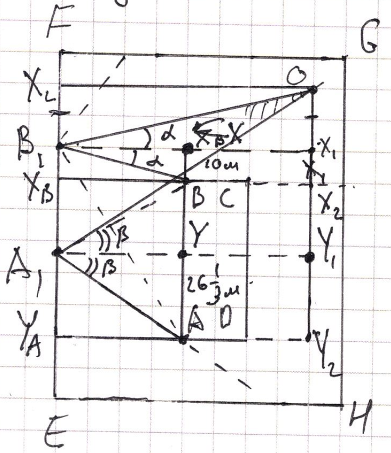
$$a_к = g_{AO} + g_{AO} = 2g_{AO} = 2g\sin\alpha$$

(т.к. стерж. не растягивается)

Ответ: $a_{ш0} = g$, $a_{г0} = g$, $a_к = 2g\sin a$

	1	2	3	4	5	Σ
До апелляции						
Подпись						
После апелляции						
Подпись						

Задание 2.10.3.



Чтобы увидеть стену AB отразившийся луч из т. B в точке зеркала B_1 и отразившийся луч из т. A в точке зеркала A_1 должны сформировать точку или область между собой, где будет изображение (т.к. надо найти минимальную ширину зеркала, то отражённые лучи будут сходится в точке O)

~~Расстояние от т. O до FE в 2 раза больше расстояния от AB B до FE и от A до FE~~

~~По чертежу видно, что $B_1X_B = 0{,}5\,OX_1$, $BX_B = 0{,}5\,OX$,~~ ~~угол падения равен углу отражения~~,

В случае, если поставить один конец зеркала в точку

По чертежу видно, что $\cancel{2BX_B = OX_2}$ $2BX_B = OX_2$ $OX_2 = 30$м, т.к. должно получиться что $\angle OB_1X_1 = \angle BB_1X_1 = \alpha$ (угол падения равен углу отражения), то

$$\alpha = \alpha \;;\; \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\alpha \;;\; \frac{x}{BX_B} = \frac{(30-x)}{OX_2}$$

(здесь $x = BX$)

$$\frac{x}{BX_B} = \frac{(30-x)}{\cancel{OX_2}\,2BX_B} \;;\; x = 10$$ (т.е. одна клетка вверх от т. B и от этой т. X опускаем перпендикуляр к зеркалу

Аналогично проделаем действия с т. А.
По чертежу $Y_1A_1 = 2\,AY_2$ (Пусть $AY = y$) $OY_2 = 80$

$\beta = \beta$; $tg\,\beta = tg\,\beta$; $\frac{y}{\cancel{AY}\,Y_A} = \frac{(80-y)}{YA_1}$

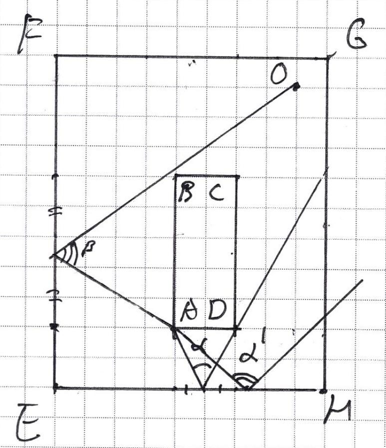
$\frac{y}{1} = \frac{80-y}{2}$

$3y = 80$ $y = \cancel{26,}\frac{1}{3}$ $26\frac{1}{3}$м (и из т. Y опускаем ⊥ к FE, там надо расположить другой конец зеркала)

Охранники будут видеть стену, т.к. ~~м~~ отраженные лучи будут схо~~ж~~дится в 1 ой точке.

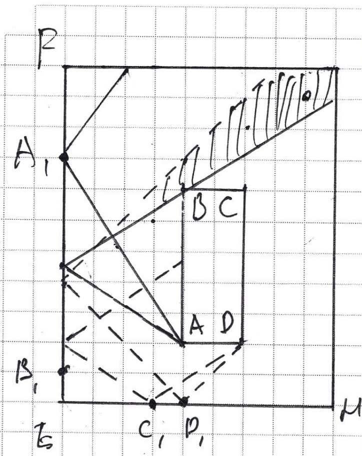
А длина зеркала $= \cancel{33,}\ 33\frac{1}{3}$ м, т.к. $AB = 50$м, $BX = 10$м, $AY = 26\frac{1}{3}$м, $A_1B_1 = XY = AB + BX - AY$.

Попробуем рассмотреть ситуацию со стеной AD.



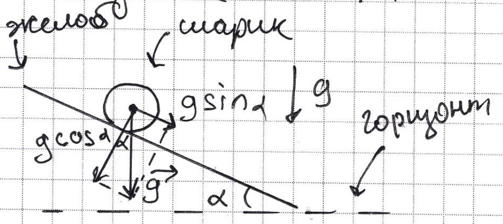
~~Р~~ Рассмотрим, смогут ли охранники увидеть точку А, для этого исходящие лучи из т. А после отражения не должны врезаться в склад.
Нарисуем ход луча после отражения от зеркала на стене ЕН, угол между падающим и отраженным лучом $=\alpha$
~~При~~ При угле α луч не попадет в т. O, и при дальнейшем увеличении угла α попадать не будет, а при уменьшении α будет попадать на склад и не достигнет т. О.

Если поставить зеркало у FE, то т. А увидеть охранники может и смогут, но т. D увидеть не смогут, то же самое со стеной ЕН, то т. D смогут они увидеть, а точку А - нет, надо несколько зеркал.



Расположение 2-х зеркал A_1B_1; C_1D_1 при которой охранники из т. О могут видеть стену AD (данные зеркала не являются самыми короткими)

Задание 2.10.1

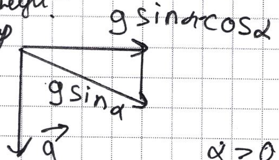


По желобу шарик двигается с ускорением $g\sin\alpha$ (вдоль желоба), а вниз $g\sin\alpha\cdot\cos\alpha$

$$s = \frac{at^2}{2}$$ ($V_0 = 0$, т.к. шарик вначале стоит)

$$t^2 = \frac{2s}{a}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{g\sin\alpha}}$$

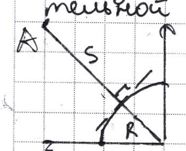


При увеличении α со значения $\alpha > 0$, a будет увеличиваться $g\sin\alpha$ (что уменьшает время) и до некоторого момента (а именно $\alpha = 45°$) будет уменьшаться S (что также уменьшает время), при дальнейшем увеличении α будет увеличиваться S, а $g\sin\alpha$ будет расти медленнее из-за чего t возрастет. Тогда при $\alpha = 45°$:

При $\alpha = 45°$ S от A до окружности минимально, т.к. тогда S — прямая от т. A до касательной

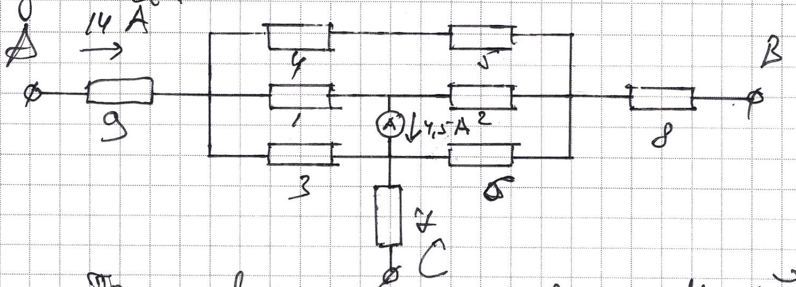
$$t = \sqrt{\frac{2S}{g\sin 45°}} ; \quad S = \frac{r}{\cos 45°} - R = \frac{\sqrt{2}}{2}r - R$$

$$t = \sqrt{\frac{\sqrt{2}r - 2R}{g\sin 45°}}$$



Задача 2.10.2.

Начертим эквивалентную схему данной.



По условию амперметр идеальный, зн. не имеет сопротивления.

Резисторы 1, 2, 3 6 формируют сбалансированный мост Уинстона.

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_6}{R_3}$; $\frac{2}{1} = \frac{6}{3}$; $2 = 2$

Если бы не было 3-его подключения к сети, то через амперметр не шёл бы ток.

Сопротивление между точками АВ:

$$R_{AB} = R_9 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_4+R_5}+\frac{1}{R_1+R_2}+\frac{1}{R_3+R_6}}\right) + R_8 = 9 + \frac{1}{\frac{1}{9}+\frac{1}{3}+\frac{1}{9}} + 8 =$$

$= 18,8$ (Ом)

Напряжение между т. А и т. В равно сумме напряжений на резисторах между ними (все, кроме резистора 7)

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + U_8 + U_9$$

Сопротивление между точками А и С:

$$R_{AC} = R_9 + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}} + \frac{1}{R_4+R_5+\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_8}}}} + R_8 = 17,7 \text{ (Ом)}$$

$I_7 = I_A + I_3$ (сила тока на резисторе 7)

$I_8 = I_6 + I_2 + I_5 = I_6 + I_1 - I_A + I_4$

$I_7 + I_8 = I_9$

$$I_8 = \frac{14}{(R_7+R_8)} \cdot R_7 = 6,8\ (A)$$

$$\frac{I_8}{I_7} = \frac{R_7}{R_8}\ ; \quad I_8 + I_7 = I_9 \rightarrow I_7 = \frac{14}{(R_7+R_8)} \cdot R_8 = 7,2\ (A)$$

$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + \cancel{U_7} + U_8 + U_9 =$

$= I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 + I_5 R_5 + I_6 R_6 + I_8 R_8 + I_9 R_9 =$

$\approx \quad I_4 = I_5$

Шифр: ФФ-10-08

Задача 2.10.4.

Площадь коробки $S = 100мм \cdot 100мм = 10000мм^2$

от При первом вливании через т. А жидкости в ~~во~~ коробку уровень воды не изменялся значит вся жидкость покрывала доступное ей дно ~~и его площадь равна $S_1 =$~~ 9мл перегородки

Внутренний радиус трубки:

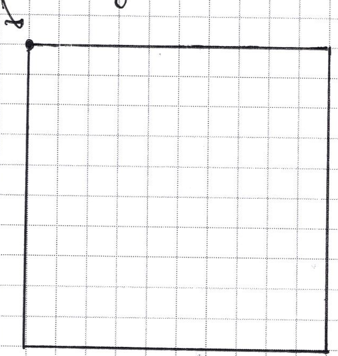
$h\pi r^2 = 8$

$r = \sqrt{\frac{8}{h\pi}} = \sqrt{\frac{8мл}{8см \cdot \pi}} \approx 0,564 см$

$D =$ ~~3 5 5 мм~~ $= 2r\pi = 0,564 \cdot 2 \cdot \pi \approx 3,55мм$

(Внутренний диаметр трубки)

Опыт 1



Далее при опыте 1 h увеличивается на 5мм при увеличении объёма на 2мл, но часть жидкости уходит в трубочку, и тогда кол-во объём воды в коробке меняется на:

$\Delta V = \Delta V_{ч2} - \Delta V_{тр} = \Delta V_{ч2} - \pi r^2 h =$

$= 2мл - \pi \cdot (0,564см)^2 \cdot 0,5см =$

$= 2мл - 0,5мл = 1,5мл$

Уровень воды в коробке изменился также как и в трубке на Δh, а объём на ΔV, тогда площадь „помещения" которую заполняла вода на протяжении некоторого времени равна:

$S_1 = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{1,5мл}{0,5см} = 3см^2$