

+ 1 М

Шифр

123627

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Егоров Дмитрий Сергеевич

Город, № школы (образовательного учреждения) Красноярск, МБОУ Гимназия
№ 13 „Академ“, 10 ФМ класс

Регистрационный номер ШМ 9078

Вариант задания 10

Дата проведения “ 23 ” марта 20 17 г.

Подпись участника

Егоров

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	x	6	4	10						40

123627

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

[Signature]

Вариант № 10

Задание № 5-10.

AB, BC — изотермический процесс ($T = \text{const}$) ($\Delta T = 0$)
 $pV = \text{const}$

Решение:

Дано:

$$V_A = V_0$$

$$p_A = 3p_0$$

$$V_B = 2V_0$$

$$p_B = 2p_0$$

$$V_C = 3V_0$$

$$p_C = ?$$

$$AB: p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_A V_A = p_B V_B$$

$$A: p_A V_A = 3p_0 V_0$$

$$B: p_B V_B = 4p_0 V_0$$

$$C: p_C V_C = 3p_C V_0$$

$pV = \nu RT$ (уравнение Менделеева — Клапейрона)

$$A: 3p_0 V_0 = \nu_A R T_A$$

$$B: 4p_0 V_0 = \nu_B R T_B$$

$$C: 3p_C V_0 = \nu_C R T_C$$

изотермы AB и BC \Rightarrow
 $\Rightarrow T = \text{const} \Leftrightarrow T_A = T_B = T_C = T$

$$\begin{cases} 3p_0 V_0 = \nu_A R T \\ 4p_0 V_0 = \nu_B R T \\ 3p_C V_0 = \nu_C R T \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \frac{3p_0 V_0}{4p_0 V_0} = \frac{\nu_A R T}{\nu_B R T} \\ \frac{3p_0 V_0}{3p_C V_0} = \frac{\nu_A R T}{\nu_C R T} \\ \frac{4p_0 V_0}{3p_C V_0} = \frac{\nu_B R T}{\nu_C R T} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \frac{3}{4} = \frac{\nu_A}{\nu_B} \\ \frac{4p_0}{3p_C} = \frac{\nu_B}{\nu_C} \Rightarrow \\ \frac{p_0}{p_C} = \frac{\nu_A}{\nu_C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3\nu_B = 4\nu_A \\ 4\nu_C p_0 = 3p_C \nu_B \\ p_0 \nu_C = p_C \nu_A \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \nu_A = \frac{3\nu_B}{4} = \frac{3}{4}\nu_B \\ \nu_B = \frac{4\nu_C}{3p_C} \\ p_0 \nu_C = p_C \nu_A \end{cases}$$

$$\nu_A = \frac{3}{4}\nu_B = \frac{3}{4} \cdot \frac{4\nu_C}{3p_C} = \frac{\nu_C}{p_C} \Rightarrow p_0 \nu_C = p_C \nu_A$$

$$\cancel{p_0 V_c = p_c \frac{V_c}{p_c}}$$

$$\begin{cases} \frac{3}{4} = \frac{V_A}{V_B} \\ \frac{p_0}{p_c} = \frac{V_A}{V_c} \\ \frac{p_0}{p_c} = \frac{30B}{4V_c} \end{cases}$$

$$p_A V_A = p_c V_c$$

$$\cancel{3p_0 V_A = 3p_c V_A}$$

$$p_0 = p_c$$

AB, BC: $p \downarrow, \Delta p < 0, V \uparrow, \Delta V > 0$
изотермическое расширение

Давление насыщенного пара и давление влажного воздуха будут равны при T , - равной точке росы.

$$\cancel{3p_0 V_A = 3p_c V_A} \quad \cancel{3p_0 = 3p_c} \quad \underbrace{4p_0 V_A}_B = 3p_c V_A \quad p_c = \frac{4p_0}{3} = \frac{4}{3}p_0$$

Ответ: $p_c = \frac{4}{3}p_0$ ✓

10

Задание N 1-10.

Дано:

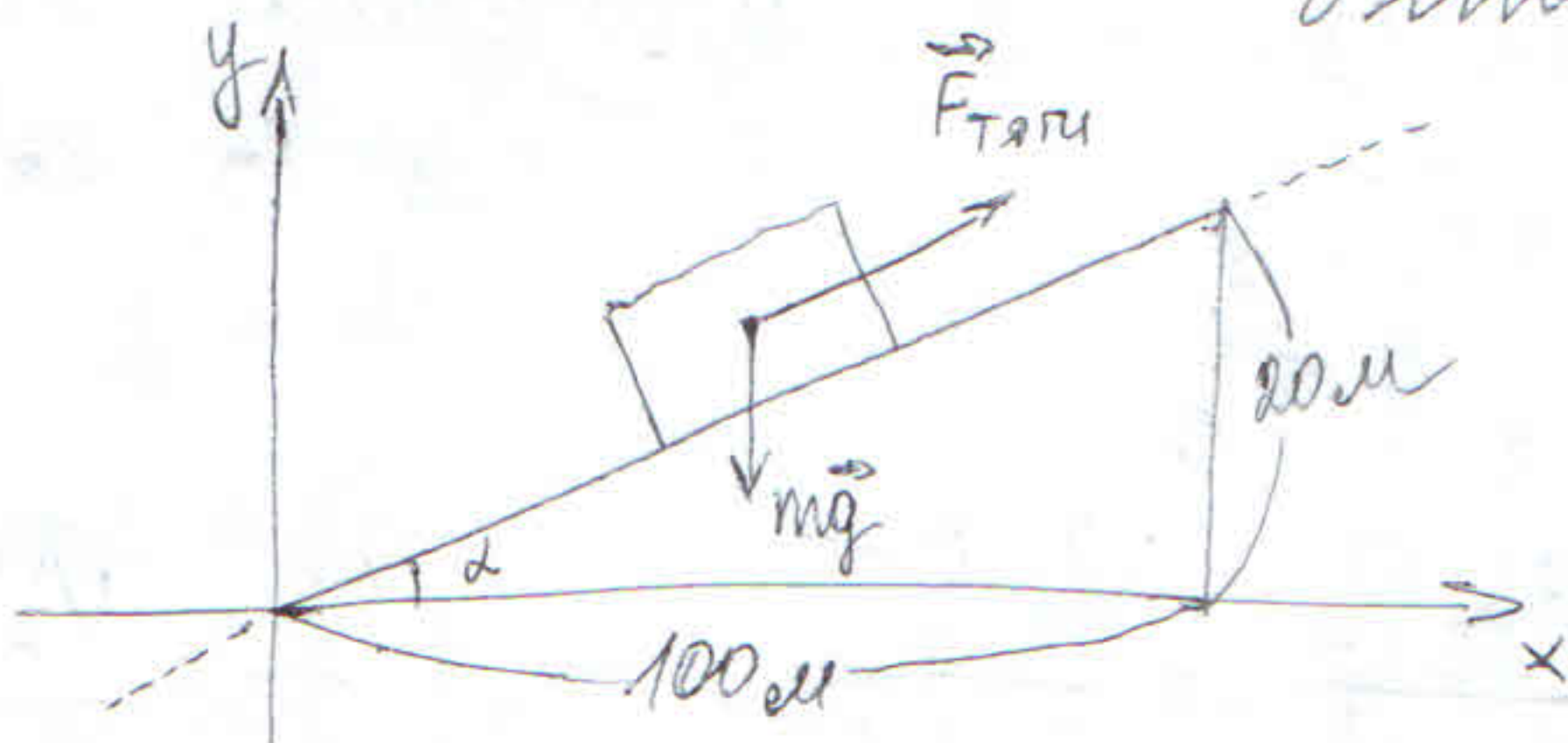
$$sh = 20 \text{ м}$$

$$l = 100 \text{ м}$$

$$a_1 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a_1' = ?$$

Решение:

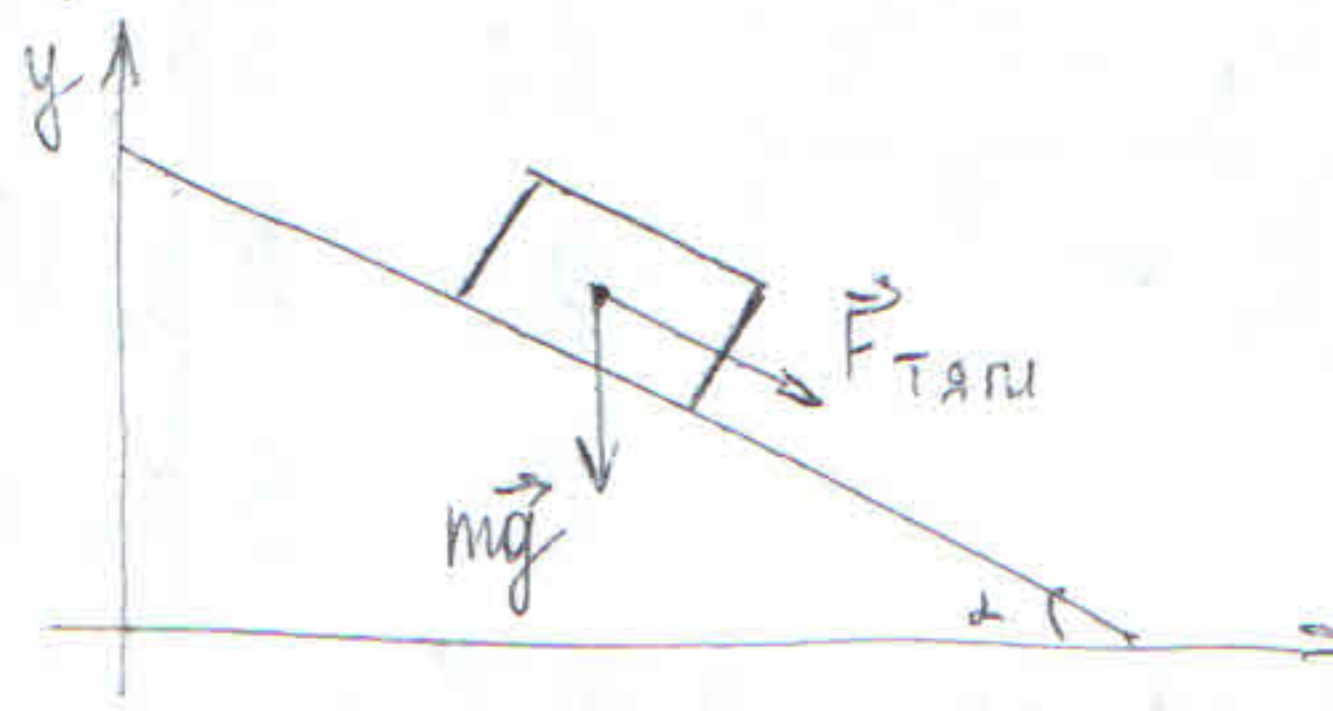


1.1

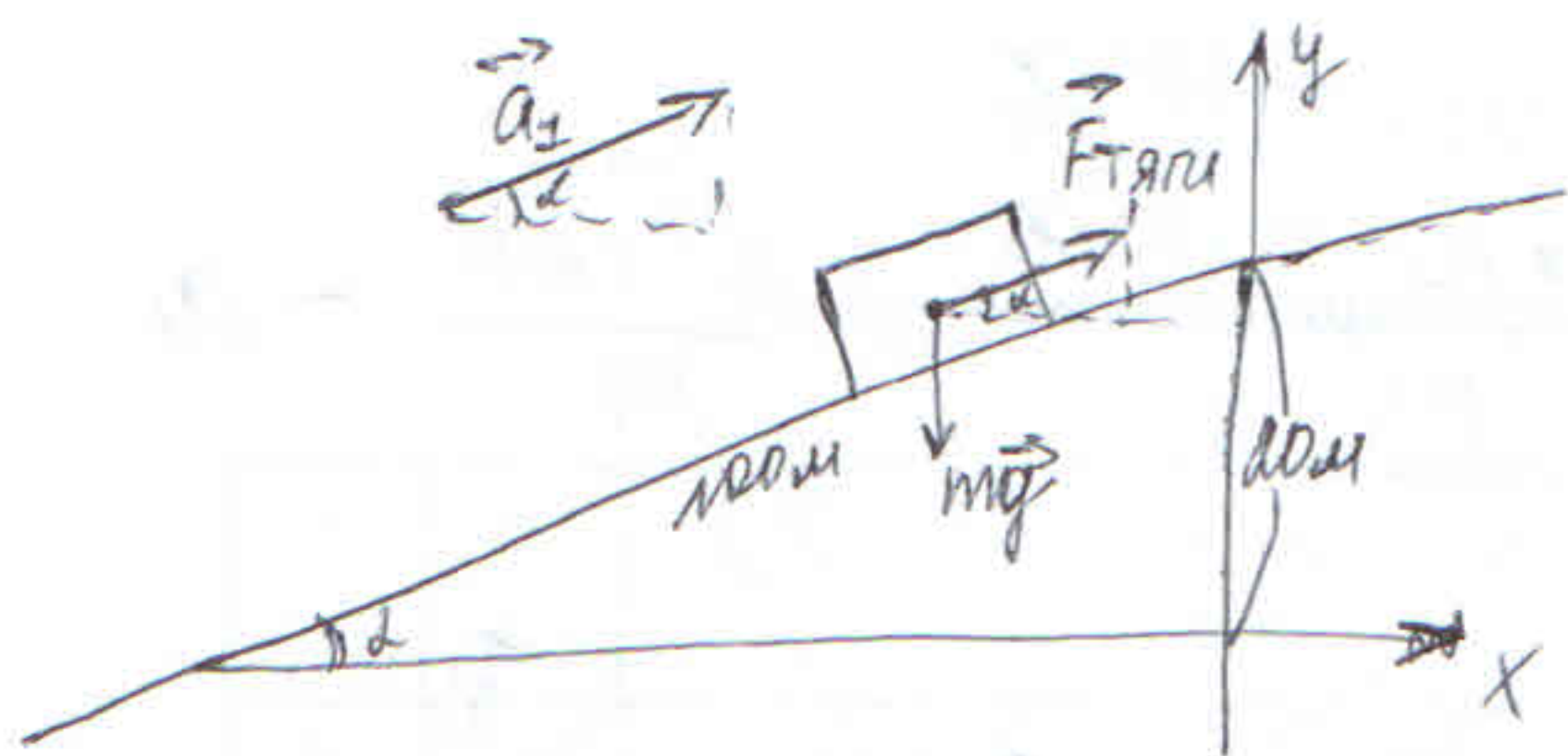
$$\tan \alpha = \frac{20}{100} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

Обозначим за l ($l = 100 \text{ м}$) путь, пройденный автомобилем.



2.1



1.2

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{l} = \frac{10 \text{ м}}{20 \text{ м}} = 0,5$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,25} = \sqrt{0,75} \approx 0,87$$

$$\cos \alpha = \frac{17,32}{20} \approx 0,87$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{по II закону Ньютона})$$

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тяг}} = m\vec{a}$$

$$Ox: F_{\text{тяг}x} = ma_x$$

$$\cos \alpha = \frac{F_{\text{тяг}x}}{F_{\text{тяг}}} \Rightarrow F_{\text{тяг}x} = F_{\text{тяг}} \cdot \cos \alpha$$

$$Oy: -mg + F_{\text{тяг}y} = ma_y$$

$$\sin \alpha = \frac{F_{\text{тяг}y}}{F_{\text{тяг}}}$$

$$Ox: F_{\text{тяг}} \cdot \cos \alpha = ma_x \cos \alpha$$

$$Oy: -mg + F_{\text{тяг}} \cdot \sin \alpha = ma_y \sin \alpha$$

$$\begin{cases} F_{\text{тяг}} \cos \alpha = ma_x \cos \alpha \\ -mg + F_{\text{тяг}} \sin \alpha = ma_y \sin \alpha \end{cases} \quad - 1.2$$

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тяг}} = m\vec{a}'$$

$$Ox: F_{\text{тяг}} \cos \alpha = ma'_x \cos \alpha$$

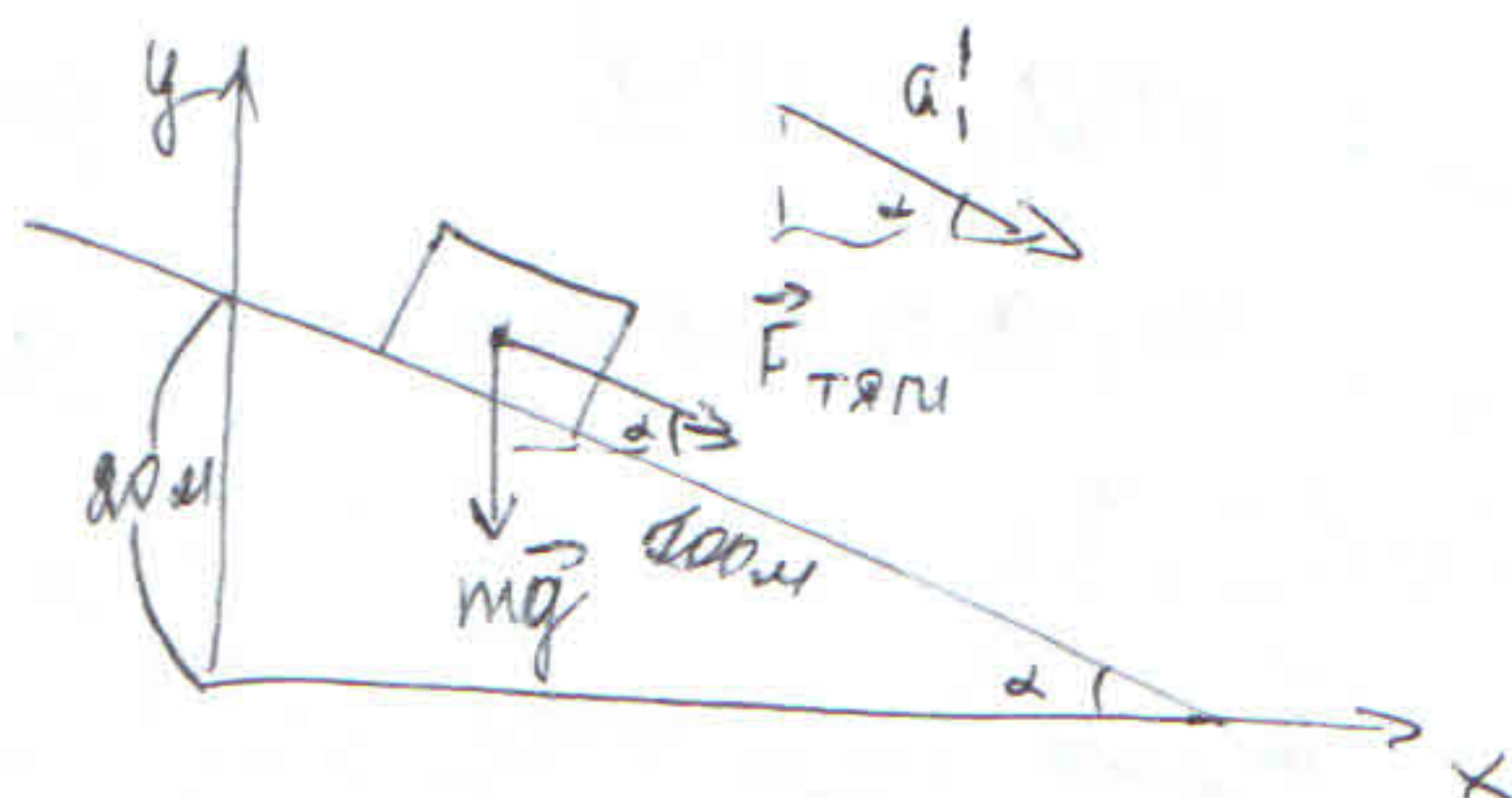
$$Oy: -mg - F_{\text{тяг}} \sin \alpha = -ma'_y \sin \alpha$$

$$\begin{cases} F_{\text{тяг}} \cos \alpha = ma'_x \cos \alpha \\ +mg + F_{\text{тяг}} \sin \alpha = ma'_y \sin \alpha \end{cases} \quad - 2.2$$

$$F_{\text{тяг}} \sin \alpha - mg = ma'_y \sin \alpha$$

$$+ F_{\text{тяг}} \sin \alpha + mg = ma'_y \sin \alpha$$

$$2F_{\text{тяг}} \sin \alpha = ma'_y \sin \alpha + mg \sin \alpha$$



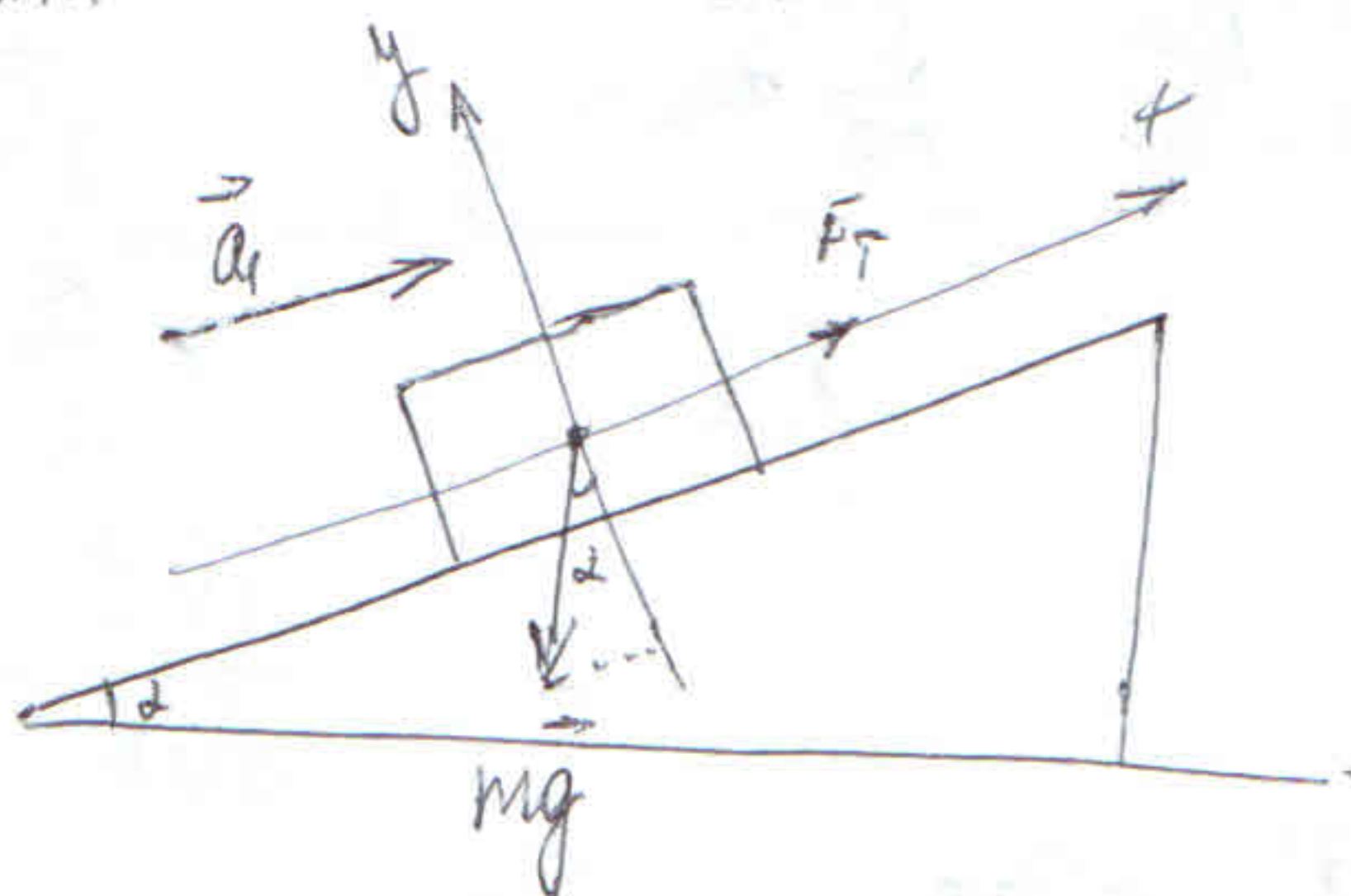
2.2

$$2F_{\text{тяги}} = ma_1 + ma'_1$$

$$2F_{\text{тяги}} = m(a_1 + a'_1)$$

$$ma'_1 = 2F_{\text{тяги}} - ma_1$$

$$a'_1 = \frac{2F_{\text{тяги}} - ma_1}{m} = \frac{2F_{\text{тяги}}}{m} - a_1$$



1.3

$$1.3: \text{ по } x: F_T - mg \sin \alpha = ma_1$$

$$\text{ по } y: a_{1y} = 0$$

тело не изменяет
своих координат по

оси y

$$\begin{cases} F_T - mg \sin \alpha = ma_1 \\ F_T + mg \sin \alpha = ma'_1 \end{cases}$$

$$-mg \sin \alpha - mg \sin \alpha = ma_1 - ma'_1 \quad | : m$$

$$-2g \sin \alpha = a_1 - a'_1 \quad (a'_1 > a_1)$$

$$2g \sin \alpha = a'_1 - a_1$$

$$a'_1 = 2g \sin \alpha + a_1$$

$$a'_1 = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,2 + 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = (4 + 3) \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Ответ: } 7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Задание N 3-10.

Дано:

$$R \quad n = 2017$$

$$I: m_1 = 3m, \quad v_1 = v$$

$$II: m_2 = m, \quad v_2 = 3v$$

л. - ?

Решение:

Абсолютно упр. столкно-
вие - изменение направ.
вектора мгновенной
скорости

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр

1230

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Задание № 3-10

(продолжение)

Вариант № 10

Длина окружности - $l = 2\pi R$

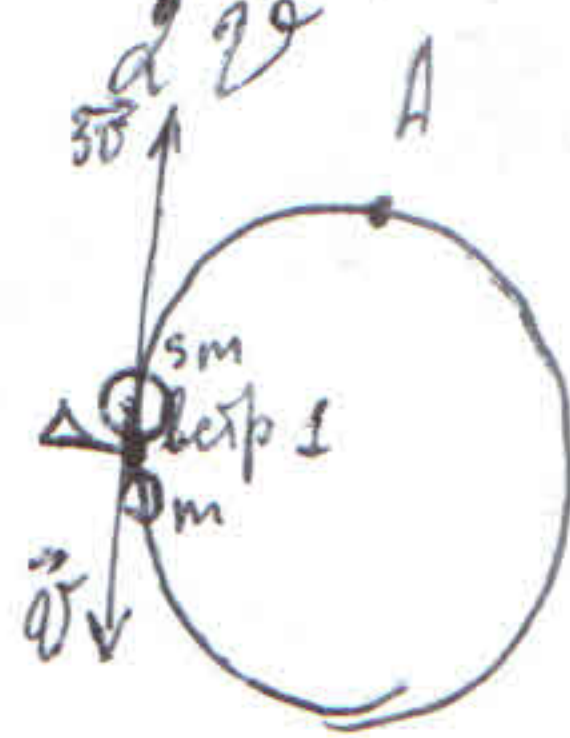
$$V_{отдавления} = V_{сближения} = |V_1| + |V_2| = 3V + V = 4V$$

В момент встречи:

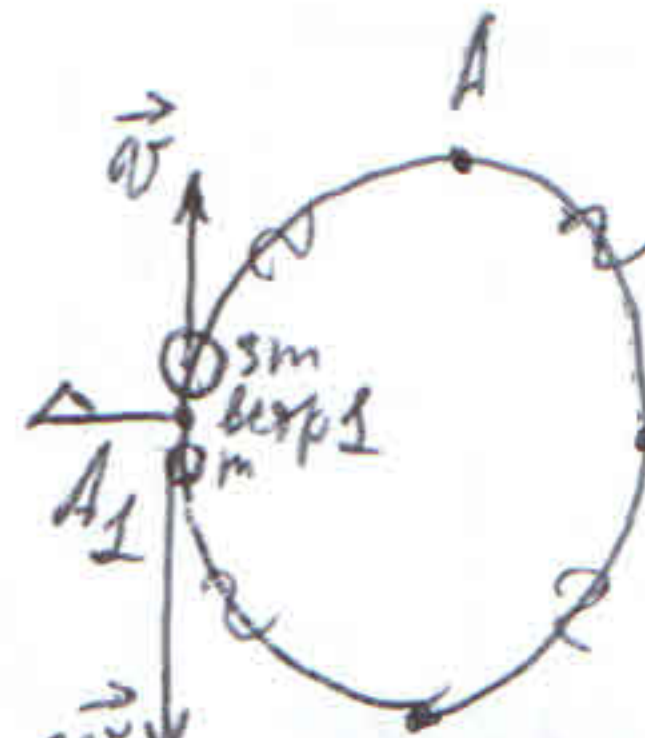
$$t_{встречи} = \frac{l}{V_{сбл}} = \frac{2\pi R}{4V} = \frac{\pi R}{2V}$$



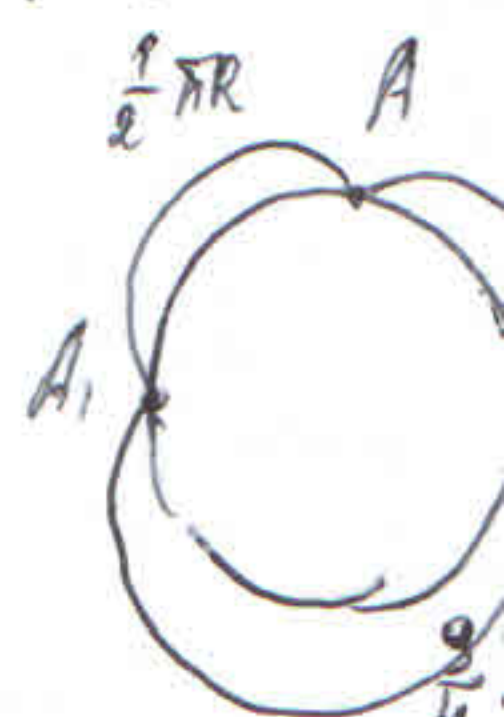
за сд. вр.



до столкновения



после столкновения



Очевидно, что пути, пройденные I и II телами, будут отличаться в 3 раза.
При встрече № 1 суммарный путь будет равен длине кольца (окружности).

$$\begin{cases} S_1 + S_2 = l \\ \frac{S_2}{S_1} = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} S_1 + S_2 = l \\ S_2 = 3S_1 \end{cases}$$

$$S_1 + 3S_1 = l$$

$$4S_1 = l \quad S_1 = \frac{1}{4}l \quad S_2 = \frac{3}{4}l$$

Далее, при встрече № 2 из т. A, тело I пройдет $\frac{1}{4}l$, а тело II пройдет $\frac{3}{4}l$, т.е. возврат в т. A. Почему?

6

Обобщим, при каждом четном столкновении место встречи — т. А ($n = 0, 2, 4, 6, \dots (n \in \mathbb{N})$), при каждом нечетном столкновении место встречи — т. А₁ ($p(A_1; A) = \frac{1}{4} l$)

$$p(A_1; A) = l_A = \frac{1}{4} l = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi R}{2} = \frac{1}{2} \pi R$$

Ответ: $\frac{1}{2} \pi R$.

Задание № 4-10.

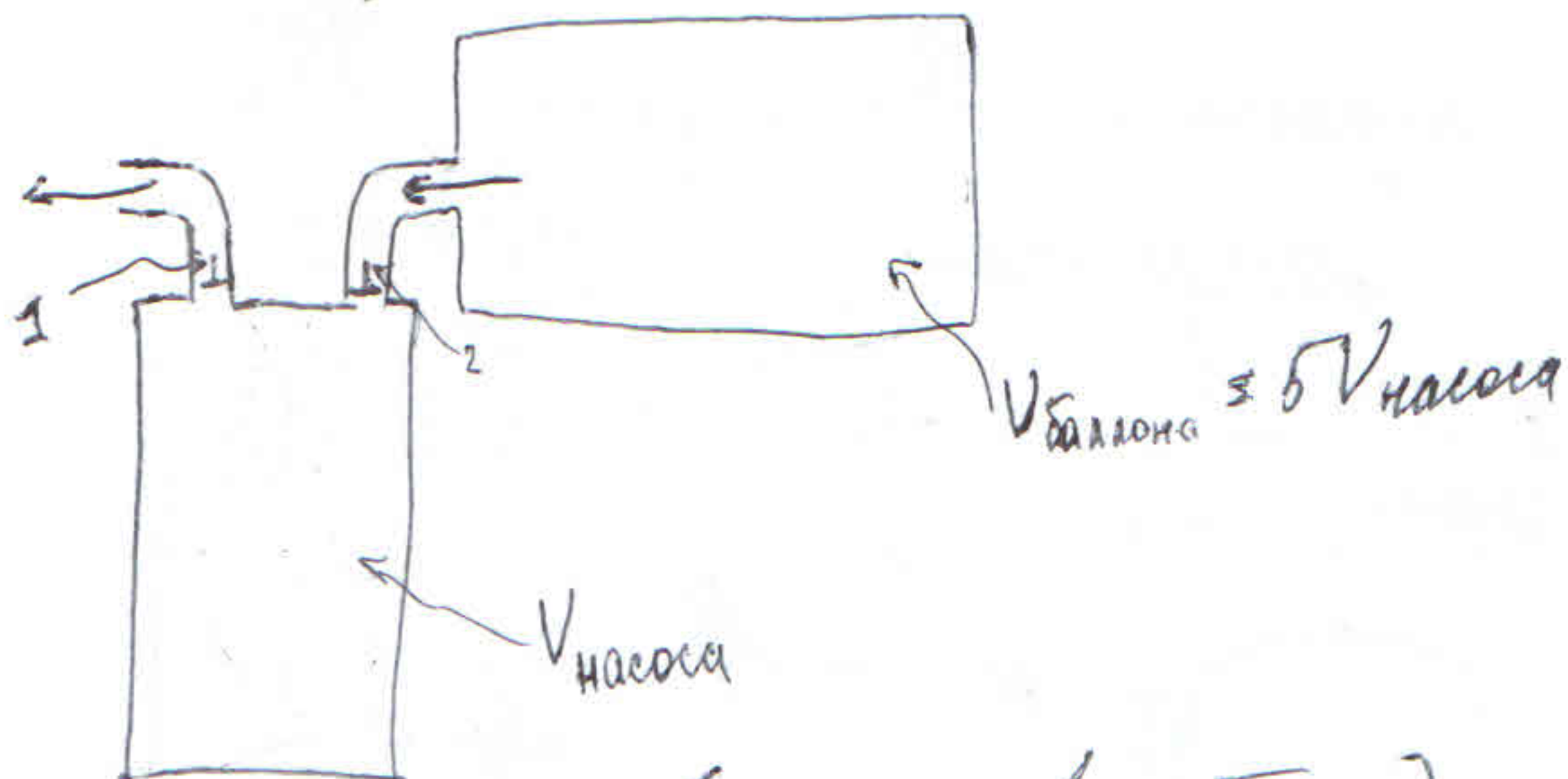
Дано:

$$n = 25$$

$$5 V_{\text{насоса}} = V_{\text{баллона}}$$

$$\frac{p'_{\text{баллона}}}{p_{\text{баллона}}} = ?$$

Решение:



изотермический процесс откачки ($T = \text{const}$, $\Delta T = 0$)
 $pV = \text{const}$

При $n = 1$ и открытии клапана 2 после рабочего хода

$$V_1 = V_{\text{насоса}} + V_{\text{баллона}} = 6 V_{\text{насоса}}$$

$$p_0 V_0 = p_1 V_1$$

$$p_{\text{баллона}} = p_0$$

$$p_0 V_0 = 5 p_0 V_H$$

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{5}{6} \Rightarrow p_1 = \frac{5}{6} p_0$$

$$5 p_0 V_H = 6 p_1 V_H$$

$$5 p_0 = 6 p_1 \quad | : p_0$$

$$5 = 6 \frac{p_1}{p_0} \quad | : 6$$

При $n = 2$:

$$V_{2 \text{ нач}} = 5 V_H + V_H = 6 V_H$$

4

$$\Delta V = V_H$$

$$V_{2\text{ max}} = V_{2\text{ max}} + V_H = 5V_H$$

$$V_{\text{балл} 2} = V_1$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\frac{5}{6} p_0 \cdot 4V_H = p_2 \cdot 5V_H$$

$$\frac{4}{6} p_0 = p_2$$

1) $V_{\text{баллона}}$

2) $V_{\text{насоса}}$

3) $V_{\text{балл}} + V_H$ (раб. ход)

4) $V_{\text{балл}}$ после раб. хода

5) p в баллоне до р.х.

6) p в баллоне после

и

$5V_H$	$4V_H$	$3V_H$	$2V_H$	V_H
0	0	0	0	0
$6V_H$	$5V_H$	$4V_H$	$3V_H$	$2V_H$
$4V_H$	$3V_H$	$2V_H$	V_H	$\frac{1}{2}V_H$
p_0	$\frac{5}{6}p_0$	$\frac{4}{6}p_0$	$\frac{p_0}{2}$	$\frac{p_0}{3}$
$\frac{5}{6}p_0$	$\frac{4}{6}p_0$	$\frac{p_0}{2}$	$\frac{p_0}{3}$	$\frac{p_0}{6}$
1	2	3	4	5

$$5p_0 V_H = p_1 6V_H$$

$$p_1 = \frac{5p_0}{6}$$

$$\frac{5}{6}p_0 4V_H = p_2 5V_H$$

$$p_2 = \frac{4p_0}{6}$$

$$\frac{4}{6}p_0 3V_H = p_3 4V_H$$

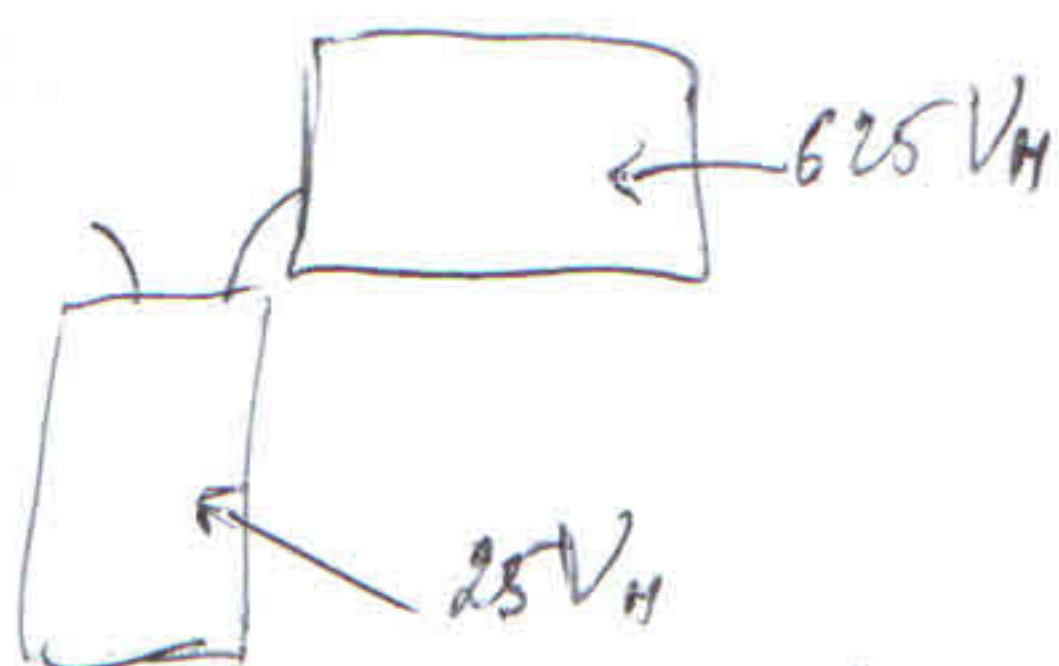
$$p_3 = \frac{12p_0}{6} = \frac{p_0}{2}$$

$$\frac{p_0}{3} V_H = p_5 2V_H$$

$$p_5 = \frac{p_0}{6}$$

$$\frac{p_0}{2} \cdot 2V_H = p_4 3V_H$$

$$p_4 = \frac{2p_0}{6} = \frac{p_0}{3}$$



$$625p_0 V_H = 650p_n V_H$$

$$p_n = \frac{625p_0}{650} = \frac{5 \cdot 5 \cdot 5 p_0}{26 \cdot 5 \cdot 5} = \frac{5}{26} p_0$$

Ответ: в $\frac{26}{5}$ раз.