

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Мальчик бросает железный шарик с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете шарик все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости шарика при падении на Землю.
- 2) Найти время полета шарика.
- 3) Найти горизонтальное смещение шарика за время полета.

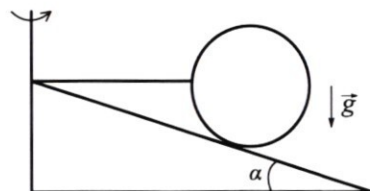
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На противоположных концах тележки массы M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, стоят два ученика одинаковой массы m каждый. Вначале система неподвижна. Один ученик бросает мяч, а другой ловит. Масса мяча m_1 . После броска тележка движется со скоростью V_1 . Продолжительность полета мяча T . Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

- 1) Найдите горизонтальную проекцию скорости V_0 мяча (относительно поверхности, на которой находится тележка) в процессе полета.
- 2) Найдите длину L тележки.
- 3) Найдите скорость V_2 тележки после того, как второй ученик поймает мяч.

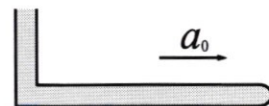
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается горизонтально натянутой нитью, привязанной к вершине клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина.



4. Тонкая Г-образная трубка с горизонтальным коленом, закрытым с одного конца, и вертикальным коленом высотой $H = 48$ мм, открытым в атмосферу, заполнена полностью ртутью (см. рис.). Если трубку двигать (в плоскости рисунка) с ускорением, не большим некоторого a_0 , то ртуть из трубки не выливается.

- 1) Найти давление P_1 внутри трубки в точке А, находящейся от вертикального колена на расстоянии $1/2$ длины горизонтального колена, если трубка движется с ускорением a_0 .
- 2) Найти давление P_2 в точке А, если трубка движется с ускорением $0,25a_0$.
- 3) Найти давление P_3 вблизи закрытого конца трубки, если она движется с ускорением $0,3a_0$.



Атмосферное давление $P_0 = 752$ мм рт. ст. Давлением насыщенных паров ртути в условиях опыта пренебречь. Ответы дать в «мм рт. ст.».

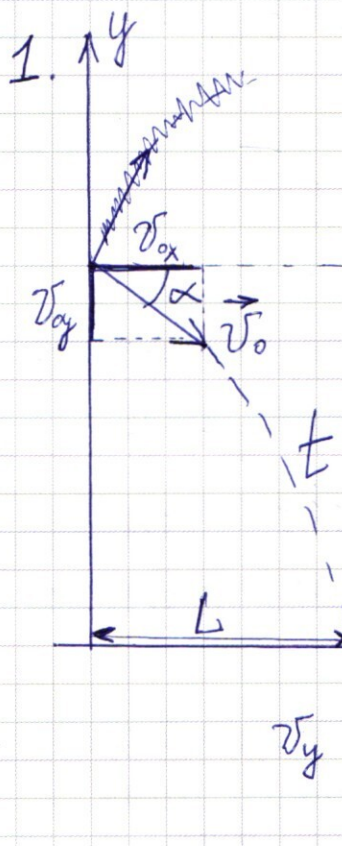
5. Поршень делит объем горизонтального герметичного цилиндра на две равные части, в каждой из которых находится вода и водяной пар при температуре $T = 373$ К. Масса воды в каждой части в 4 раза меньше массы пара. Поршень находится на расстоянии $L = 0,4$ м от торцов, площадь поперечного сечения поршня

$S = 25$ см². Масса M поршня такова, что $\frac{Mg}{S} = 0,02P_0$, здесь P_0 – нормальное атмосферное давление.

- 1) Найдите массу m воды в каждой части в начальном состоянии.
- 2) Цилиндр ставят на дно (ось цилиндра вертикальна). Найдите приращение Δm массы воды под поршнем к моменту установления равновесного состояния.

Температура в цилиндре поддерживается постоянной. Трение считайте пренебрежимо малым. Молярная масса водяного пара $\mu = 18$ г/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Объем воды намного меньше объема пара.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_0 = 8 \text{ м/с}$; $\alpha = 60^\circ$
Т.к. в полёте шарик
всё время прибли-
жается к горизон-
тальной поверхности,
то шарик бросали
в ~~не~~ направлении
вниз под углом α
к горизонту.

$|v_y|$ ~~?~~ t ~~?~~ L ~~?~~

$$|v_{0x}| = v_0 \cdot \cos \alpha = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$$

$$|v_{0y}| = v_0 \cdot \sin \alpha = v_0 \cdot \sin 60^\circ = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$|v_x| = 2,5 v_0 \cdot \cos \beta = |v_{0x}| = v_0 \cdot \cos \alpha \text{ — Т.к. горизонтальная составляющая шарика не изменяется.}$$

$$\text{Отсюда } \cos \beta = \frac{2}{5} \cos \alpha = \frac{2}{5} \cos 60^\circ = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \frac{\sqrt{25-1}}{5} = \frac{\sqrt{24}}{5} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

$$|v_y| = 2,5 v_0 \cdot \sin \beta = \frac{5}{2} v_0 \cdot \frac{2\sqrt{6}}{5} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$v_y = v_{0y} + g_y t$$

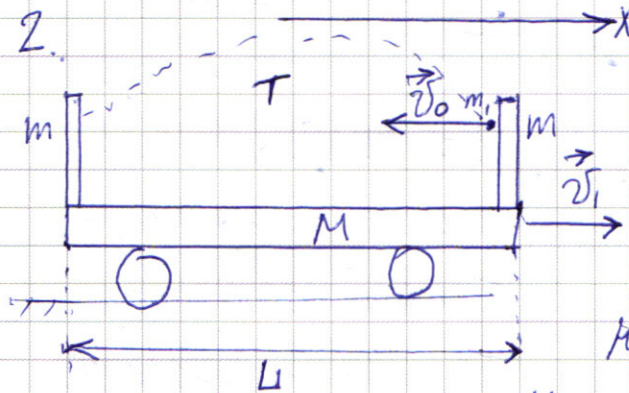
$$-|v_y| = -|v_{0y}| - g t \text{ — Т.к. вертикальные проекции скоростей направлены отрицательно,}$$

$$|v_y| = |v_{0y}| + g t \text{ — Т.к. векторы скоростей направлены вниз.}$$

$$t = \frac{|v_y| - |v_{0y}|}{g} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{10} = \frac{2\sqrt{3}}{5}(2\sqrt{2} - 1) \text{ c}$$

$$L = v_{0x} \cdot t = 4 \text{ м/с} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{5}(2\sqrt{2} - 1) \text{ c} = \frac{8\sqrt{3}}{5}(2\sqrt{2} - 1) \text{ м}$$

~~$\sqrt{3} \approx 1,73$~~ Ответ: $|v_y| = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$; $t = \frac{2\sqrt{3}}{5}(2\sqrt{2} - 1) \text{ c}$; $L = \frac{8\sqrt{3}}{5}(2\sqrt{2} - 1) \text{ м}$



Дано: M ; m ; m ; v_1 ; T .

$|v_0|$? L ? v_2 ?

По закону сохранения импульса на горизонтальную ось в момент первого броска.

$(2m + M)v_1 = |v_0|m$, т.к. $\vec{v}_0$ направлена против выбранной оси, то её проекция отрицательна.

$|v_0| = v_1 \frac{2m+M}{m}$; $v_0 \leftarrow$ Вертикальная проекция импульса компенсируется силой реакции опоры и не влияет на движение тележки.

Перейдём в СО тележки. После ~~броска~~ броска в этой СО мяч движется со скоростью $|v_0'| = |v_0| + v_1$, а тележка $v_1' = v_1 - v_1 = 0$ — покоится.

Тогда за время T мяч пролетит тележку длиной L :

$$L = |v_0'|T = (|v_0| + v_1)T = v_1 \frac{2m+M+m}{m} \cdot T$$

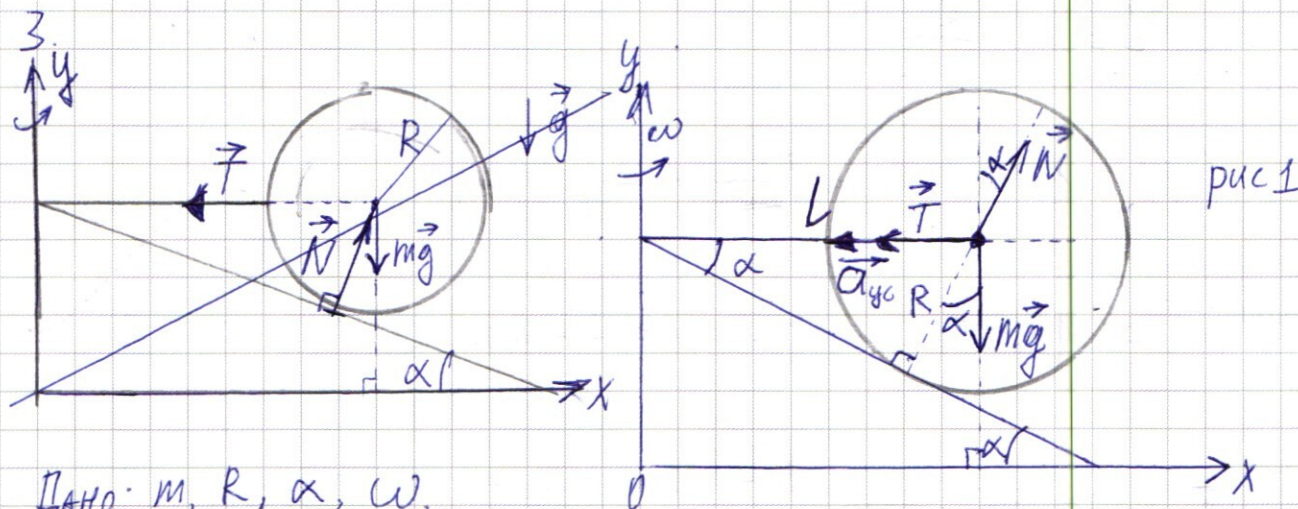
Запишем закон сохр. импульса на гориз. ось в момент, когда второй ученик ловит мяч в СО связанной с Землёй.

$$v_1(2m+M) - |v_0|m = (2m+M+m)v_2$$

$$v_1(2m+M) - v_1(2m+M) = (2m+M+m)v_2 = 0$$

$v_2 = 0$. Ответ: $|v_0| = v_1 \frac{2m+M}{m}$; $L = v_1 T \frac{2m+m_1+M}{m_1}$; $v_2 = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: m, R, α, ω .

1) Система покоится. Проверка написания силы, действующей на шар. (рис 1)

Угол между линией приложения силы тяжести $\vec{mg}$ и силой реакции опоры N равен α , по теореме $\cos$ угол между двумя перпендикулярами.

Угол между нитью и ~~линией~~ ~~наклоном~~ плоскостью клина также равен α .

Запишем ^{II} закон Ньютона на осях oxy . (Система покоится)

$$\ddot{\alpha} = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} oy: mg = N \cos \alpha \\ ox: T_0 = N \sin \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{T_0}{mg} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha; T_0 = mg \cdot \tan \alpha$$

2) Система вращается с ω вокруг верт. оси.

Расстояние от оси до центра шара L : $\frac{R}{L} = \sin \alpha; L = \frac{R}{\sin \alpha}$

Шар имеет центростремительное ускорение, направленное ^{против} оси Ox . II Закон Ньютона:

$$Oy: mg = N \cdot \cos \alpha$$

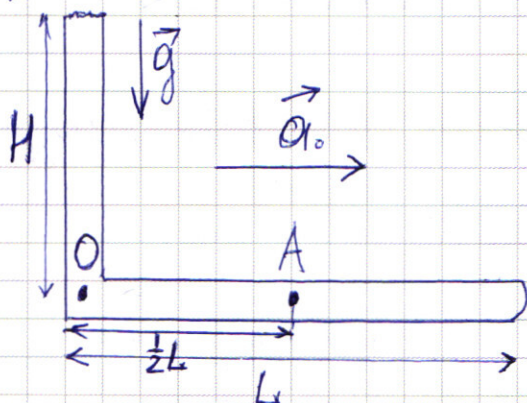
$$Ox: m a_{yc} = T - N \cdot \sin \alpha = T - mg \cdot \tan \alpha.$$

$$a_{yc} = \omega^2 L = \omega^2 \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$T = m(a_{yc} + g \tan \alpha) = m\left(\omega^2 \frac{R}{\sin \alpha} + g \tan \alpha\right)$$

Ответ: 1) $T_0 = mg \cdot \tan \alpha$; 2) $T = m\left(\frac{\omega^2 R}{\sin \alpha} + g \cdot \tan \alpha\right)$

4.



$$H = 48 \text{ мм}, \quad \rho_0 = 752 \text{ мм рт. ст.}$$

При движении с уск. $\vec{a}_0$ на то ~~ружье~~ III Закон Ньютона ~~ружье~~ в горизонтальном участке действует с ускорением $-\vec{a}_0$ на вертикальное колено.

~~В~~ Вертикальное колено давит на горизонтальное с уск. g . Точка O — угол, давление в точке O $p_y = \rho g H + p_0 = 48 \text{ мм рт. ст.} + 752 \text{ мм рт. ст.} = 800 \text{ мм рт. ст.}$

При движении, меньшем a_0 , ~~да~~ давление p_y компенсируется стенками трубки.

При движении с a_0 , $p_y = \rho a_0 L$, L — длина гориз. части трубки.

1) $p_1 = \frac{p_y}{2} = \frac{\rho a_0 L}{2} = \frac{p_y}{2} = 400 \text{ мм рт. ст.}$ — давление в точке A при движении с a_0 .

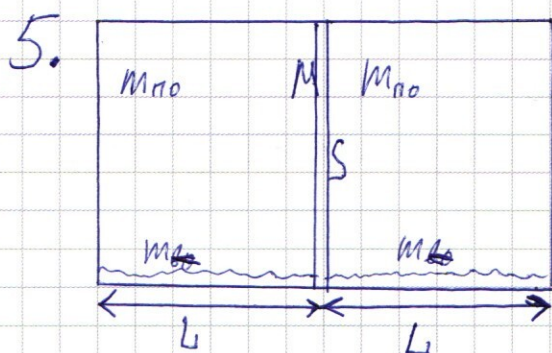
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение задачи 4.

2) $p_2 = p_y - \frac{1}{2} L \rho 0,25 a_0 = p_y - \frac{1}{8} L \rho a_0 = \frac{7}{8} p_y = 700 \text{ мм рт.ст.}$
— давление в А при ~~двух~~ движении с ускорением $0,25 a_0$.

3) $p_3 = p_y - L \rho 0,3 a_0 = p_y - \frac{3}{10} L \rho a_0 = \frac{7}{10} p_y = \frac{7}{10} \cdot 800 = 560 \text{ мм рт.ст.}$

Ответ: $p_1 = 400 \text{ мм рт.ст.}$; $p_2 = 700 \text{ мм рт.ст.}$; $p_3 = 560 \text{ мм рт.ст.}$



$T = 373 \text{ К} = 100^\circ \text{C}$

$p_H = 10^5 \text{ Па}$ — давление насыщ. паров.

~~m_по~~ = $m_{по} = 4 \text{ мг}$ — масса

масса воды в 4 раза меньше
массы пара в каждой части

$L = 0,4 \text{ м}$; $S = 25 \text{ см}^2 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$ — нормальное атмосферное давление.

$\frac{m_g}{S} = 0,02 p_0 = p_H$ — обозначим p_H .

$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.

1) ~~m_по~~ = ? m — ? Пар находится в динамическом равновесии с водой в нач. положении $\Rightarrow$ его давление — p_H .
По уравнению состояния газа.

$p_H V_0 = \frac{m_{по}}{\mu} RT$, V_0 — объём одной части.

$V_0 = LS$.

$m_{по} = \frac{p_H L S \mu}{RT} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 373 \text{ К}} \approx 0,68 \text{ г}$

$$m = \frac{m_{\text{по}}}{4} = 0,145 \text{ г} \rightarrow 0,15 \text{ г}$$

2) Δm - ? ~~$p_{\text{вниз}} = p_{\text{вверх}} + p_{\text{п}}$~~ $p_{\text{вн}} = p_{\text{вв}} + p_{\text{п}}$ - давление внизу равняется давлению сверху плюс давление, которое оказывает поршень.

$$p_{\text{н}} L S = \frac{m_{\text{по}}}{\mu} RT \stackrel{(1)}{=} \frac{4m}{\mu} RT \quad p_{\text{вн}} \cdot X \cdot S = \frac{m_{\text{по}} + \Delta m}{\mu} RT$$

$$p_{\text{вв}} \cdot (2L - X) \cdot S = \frac{m_{\text{по}} + \Delta m}{\mu} RT$$

где X - ~~маленькое~~ расстояние между поршнем и нижним дном. $p_{\text{вн}} = p_{\text{н}}$, т.к. пар останется в динамич. равновесии снизу.

$$p_{\text{вв}} = p_{\text{вн}} - p_{\text{п}} = p_{\text{н}} - 0,02 p_0 = 0,98 p_{\text{н}}$$

$\Rightarrow$ ~~давление перестанет~~ пар перестанет быть насыщенным

$$m_{\text{по}} + \Delta m_1 = m; \quad m_{\text{по}} + \Delta m_1 = 5m$$

$$2L - X = \frac{5m}{\mu} RT \cdot \frac{1}{p_{\text{вв}} \cdot S} = \frac{5}{4} \frac{p_{\text{н}} L S}{p_{\text{вв}} \cdot S} \quad \text{из (1)}$$

$$2L - X = \frac{5}{4} L \frac{1}{0,98}$$

$$X = 2L - \frac{5}{4} L \frac{1}{0,98} = L \left(2 - \frac{5}{4 \cdot 0,98} \right) = L \left(\frac{8 \cdot 0,98 - 5}{4 \cdot 0,98} \right) = \frac{284}{392} L$$

$$p_{\text{н}} \cdot X \cdot S = \frac{4m - \Delta m}{\mu} RT = \frac{4m}{\mu} RT - \frac{\Delta m}{\mu} RT = p_{\text{н}} L S - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$\frac{\Delta m}{\mu} RT = p_{\text{н}} S (L - X) = p_{\text{н}} S L \frac{108}{392} = \frac{27}{98} p_{\text{н}} S L$$

$$\Delta m = \frac{27 p_{\text{н}} S L \mu}{98 RT} = \frac{27}{98} 4m = \frac{27}{98} \cdot 0,6 \approx 0,16 \text{ г}$$

Ответ: $m = 0,15 \text{ г}$; $\Delta m = 0,16 \text{ г}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$27 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-1} \cdot 18$$

$$98. \quad 8.31 \cdot 373 \cdot 10^{-2}$$

27.18 0000

98-831-373

$$5 + 2 - 4 - 1 + 2 = 4$$

$$\begin{array}{r} 5000 \\ \times 18000 \\ \hline 27 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 726 \\ + 36 \\ \hline \end{array}$$

4860000

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 831 \\ \hline 373 \end{array}$$

2493

5817

2493

309963

Handwritten calculations for the subtraction of two 8-digit numbers, 48600003 and 48600008, using the borrowing method.

Problem: $48600003 - 48600008$

Step 1: Borrowing from the 3rd digit (6) to the 2nd digit (0).

48600003
- 48600008

373

Step 2: Borrowing from the 2nd digit (0) to the 1st digit (4).

13029,5
- 83719

4719

Step 3: Borrowing from the 1st digit (4) to the 0th digit (3).

4155
- 5645

817

Final result: 18301865

18 000 020 000 0

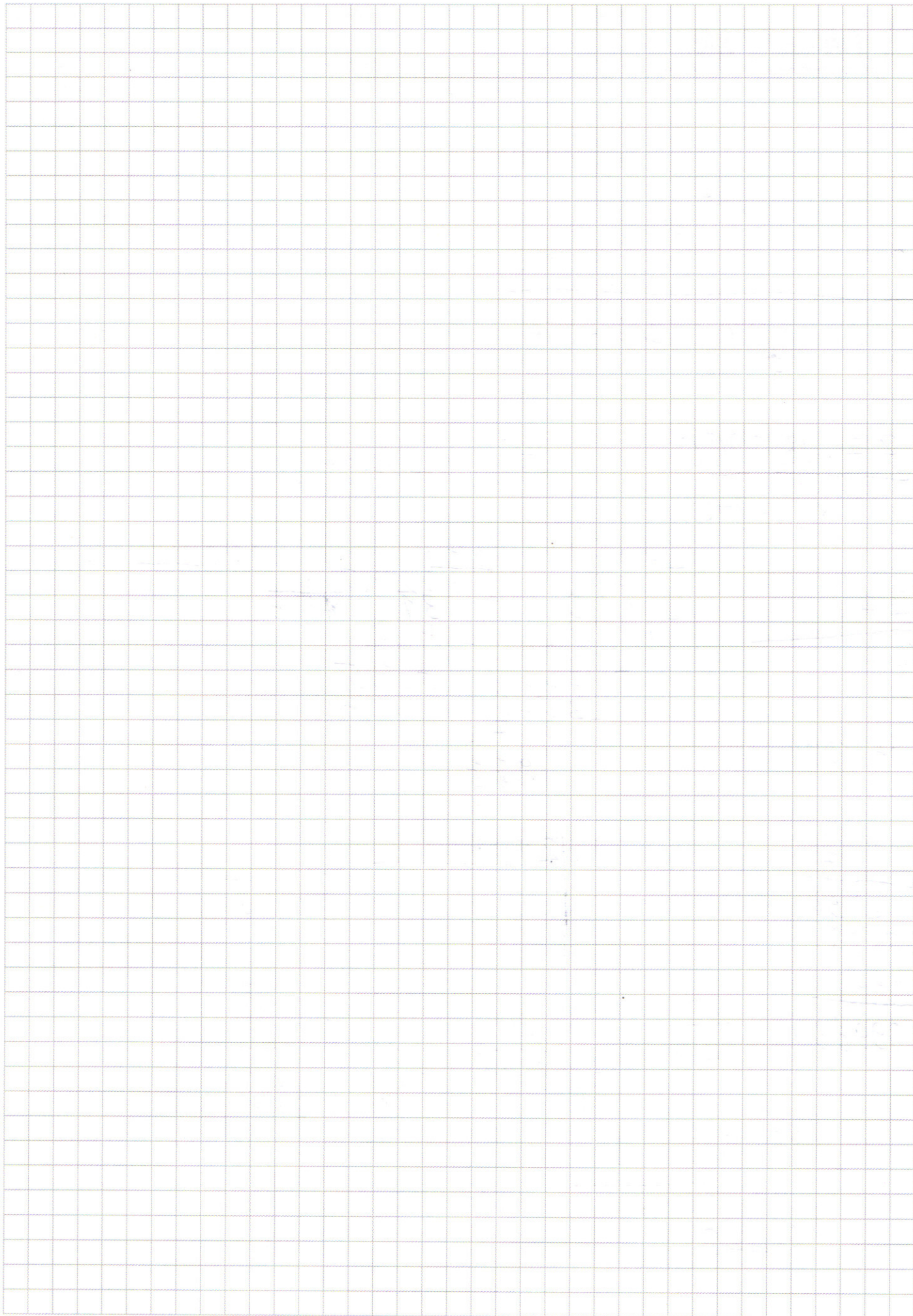
$$\begin{array}{r} 18 \\ \hline 31 \end{array} \quad \begin{array}{r} 27 \\ \hline 28 \end{array}$$

$$\frac{18}{12,4} = 1,80124$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 27 \\ \hline 126 \\ + 36 \\ \hline 486 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 4860 & 3038 \\ - & \\ \hline 3038 & 0,16 \\ 18220 & \\ 18 & \end{array}$$

$$m \frac{v^2}{r}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{3} \approx 1,73 \quad \sqrt{2} \approx 1,41$$

$$\begin{array}{r} 1,71 \\ \times 1,41 \\ \hline 171 \\ + 1197 \\ \hline 2411 \\ + 171 \\ \hline 29241 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ \times 1,41 \\ \hline 56 \\ + 141 \\ \hline 19881 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,73 \\ \times 1,73 \\ \hline 519 \\ + 1211 \\ \hline 29929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ \times 1,41 \\ \hline 141 \\ + 564 \\ \hline 19881 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,42 \\ \times 1,42 \\ \hline 284 \\ + 568 \\ \hline 19881 \end{array}$$

$$(2m+M) v_2 = v_0$$

$$(2m+M) v_2 + v_0 m$$

$$(2m+M) v_2 +$$

$$v_1 (2m+M+m_1) = 2m+M+m_1 v_2 \quad \text{--- } v_0 \quad v_0 m_1 = (2m+M+m_1) v_2$$

$$v_2' = v_1$$

$$v_0 m_1 + v_1 (2m+M) = (2m+M+m_1) v_2$$

$$v_2 = v_1 + v_1 = 0$$

$$- v_1 \frac{2m+M}{m_1} + v_1 (2m+M) = (2m+M+m_1) v_2$$

$$7 \cdot 80 = 560$$

$$v_1 (2m+M) = (2m+M+m_1) v_2$$

$$\frac{10^5 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 373} = \frac{1,8}{8,31 \cdot 373} = \frac{180000}{831 \cdot 373}$$

$$\begin{array}{r} 373 \\ \times 831 \\ \hline 373 \\ + 1119 \\ \hline 2984 \\ + 309963 \\ \hline 309963 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 180000 \\ - 1549815 \\ \hline 2501850 \\ - 2479704 \\ \hline 0221460 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,58 \\ \times 831 \\ \hline 58 \\ + 174 \\ \hline 464 \\ + 42198 \\ \hline 42198 \end{array}$$

4218

x 373

4,2198

2084

3357

373

746

1492

1800

1,3739854

$$v_y = 8\sqrt{6}$$

$$4\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} - 4 \cdot \sqrt{3}$$

510

$$\frac{2}{5}\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1) \times 0,98$$

64

77

7,84

5

$$\times 0,6$$

x 0,6

27

42

+ 12

162

98

640

10

$$8 \cdot 2,5^2 / 6 + 4 = 20$$

$$20 \cdot \cos \beta = 4$$

$$\cos \beta = \frac{2}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{1}{5}$$

$$0,58 | 4$$

$$-4 \quad 10,145$$

$$18$$

$$-16 \quad 26$$

$$60^\circ$$

$$v_x = 4 \text{ m/s}$$

$$v_y = 4\sqrt{2}$$

$$\frac{4-6}{25} =$$

$$10^5 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 1800 \sin \beta = \frac{2\sqrt{6}}{5}$$

$$1800 | 373$$

$$1865$$

$$5 |$$

$$5000831$$

$$10,8$$

$$0,6 | 4$$

$$-4 \quad 0,15$$

4

12

98

392

32

-284

36

108

392

54

4

16

27

9

392

19

18

12

196

18

16

198