

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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

1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

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

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

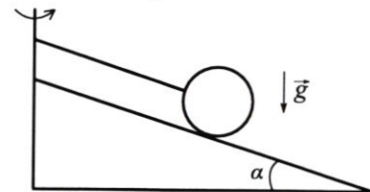
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности 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, а шар не отрывается от клина.

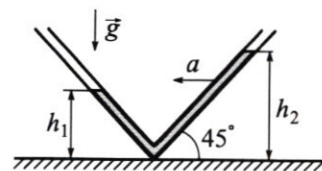


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

рис. I

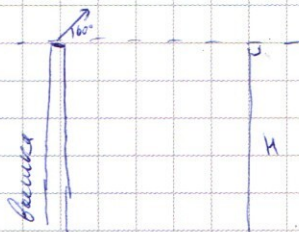
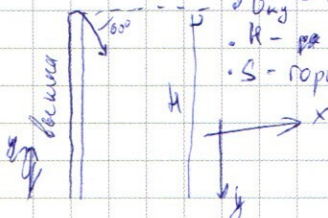


рис. II



Усл. обозначения:

- v_k - скорость в момент касания земли
- v_{0x} - начальная скорость по оси x
- v_{0y} - начальная скорость по оси y
- v_{kx} - конечная скорость по оси x
- v_{ky} - конечная скорость по оси y
- h - высота от земли до камня в начальный момент времени
- s - горизонтальное перемещение камня
- t - время полета

Камень под углом 60° к горизонту возможно бросить или вверх (рис. I), или вниз (рис. II). Однако, если бросить его вверх, вертикальная составляющая его скорости в первые моменты времени будет положительной, то есть камень будет удаляться от земли $\Rightarrow$ 'вверх' он бросен быть не может $\Rightarrow$ он был бросен 'вниз'.

Направим оси так, как показано на рис. 2.

Известно, что в момент касания земли скорость камня $v_k = 2,5 v_0$.
Считая вектора скоростей по закону Пифагора, получим

$$(2,5 v_0)^2 = v_{kx}^2 + v_{ky}^2$$

Еще усл. обозначения:

dv_x - изменение скорости по оси x (за всё время)

dv_y - изменение скорости по оси y (за всё время)

Т.к. ускорений по оси x нет,

$$v_{kx} = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$400 = (v_0 \cdot \frac{1}{2})^2 + v_{ky}^2$$

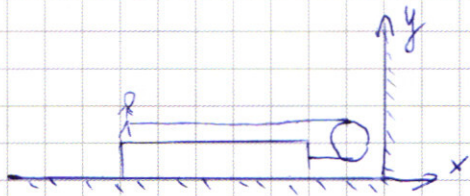
$$1) v_{ky} = \sqrt{400 - 16} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \leftarrow \text{Ответ 1)}.$$

$$v_{ky} = v_{0y} + g dv_y; dv_y = gt; v_{ky} = v_{0y} + gt \Rightarrow t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 4\sqrt{3}; t = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}{10} = \frac{2\sqrt{3}}{5}(\sqrt{2} - 1) \leftarrow \text{Ответ 2)}.$$

$$s = v_{0x} t = v_0 \cos \alpha t = \frac{8\sqrt{3}}{5}(\sqrt{2} - 1) \leftarrow \text{Ответ 3)}.$$

2)



Пусть сила, с которой ящик с человеком давят на пол — N , а

$F_{\text{трения}}$ — сила трения скольжения.

v — скорость человека и ящика

Т.к. канат горизонтален, сила натяжения нити тоже горизонтальна, а значит, по оси y на человека действуют только сила тяжести и сила реакции опоры, кроме того, и сам он не может прилагать силу к себе. Сила трения $\Rightarrow$ по оси y сил кроме реакции опоры и сил тяжести сил нет.

$$N = (m + M)g = 6mg \leftarrow \text{Ответ 1)}.$$

По оси y движения нет

Человек с ящиком движется в разных направле-

ниях, но с одинаковыми по модулю

скоростями, поэтому их удельная кинетическая энергия

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{5mv^2}{2} = \frac{6mv^2}{2}$$

$$F_0 = F_{\text{трения}} = \mu N = 3\mu \cdot m \cdot g \leftarrow \text{Ответ 2)}.$$

ЗСЭ:

$$A_{\text{чел}} = 2F \cdot S = \mu \cdot N \cdot S + \frac{6mv^2}{2}; \quad 6mv^2 = 4F \cdot S - 2\mu \cdot N \cdot S;$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot S(4F - \mu \cdot N)}{6m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot S(4F - 6\mu mg)}{36m}} = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}} \leftarrow \text{Ответ 3)}.$$

Введём оси так, как показано на Рис. I

Нить параллельна оси $x \Rightarrow$ сила натяжения

нити тоже параллельна оси x

Сила реакции опоры перпендикулярна

поверхности, а значит, параллельна оси y .

Пусть T — сила натяжения нити

N — сила реакции опоры

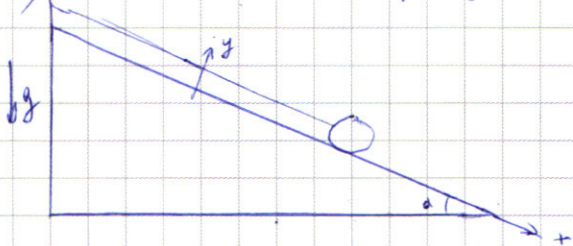
a_y — центростремительное ускорение

r — расстояние от центра шара до оси вращения.

$$Ox: T = m a_y \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$Oy: N = m a_y \sin \alpha + mg \cos \alpha$$

3) Рис. I — без вращения

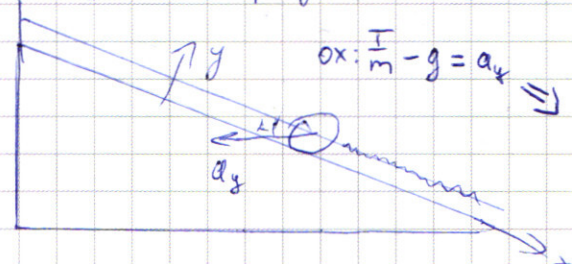


$$Ox: T = mg \sin \alpha$$

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

$$T = mg \sin \alpha \leftarrow \text{Ответ 1)}.$$

Рис II — со вращением.



$$Ox: \frac{T}{m} - g = a_y \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a_y = \omega^2 r; \quad r = \left(L + \frac{R}{2}\right) \cdot \cos \alpha$$

$$a_y = \omega^2 \left(L + \frac{R}{2}\right) \cos \alpha$$

$$\text{отв: } T = mg \sin \alpha + m \omega^2 \left(L + \frac{R}{2}\right) \cos^2 \alpha \quad \leftarrow \text{отв. 2)}.$$

$$5) \quad P = \frac{VRT}{V} = \frac{nRT}{nV} = \frac{pRT \cdot V}{n \cdot V} = \frac{pRT}{n}$$

$$P = \text{const}$$

$$P = \frac{p_n RT}{m_{\text{н.г.о}}} \Rightarrow \rho_n = \frac{P \cdot m}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 13 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \approx 5 \text{ кг/м}^3 \quad (\text{решение см. в черновике})$$

$$\rho_6 \approx 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\left| \frac{\rho_n}{\rho_6} = \frac{5}{1000} = \frac{1}{200} \right| \leftarrow \text{отв. 1)} \quad \text{Еще усл. обозначения:}$$

$$P = \frac{V_{1n} RT}{V_{1n}} = \frac{V_{2n} RT}{V_{2n}} \Rightarrow \frac{V_{2n}}{V_{1n}} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow V_{2n} = \frac{V_{1n}}{4,2}$$

$$V_{1n} = V_{2n} + V_{\text{воды}} = 4,7 V_{2n}$$

$$V_{\text{воды}} = 3,7 V_{2n}$$

$$\left| \frac{V_{1n}}{V_6} = \frac{\pi \cdot V_{2n} \cdot \rho_{\text{пар}}}{\rho_n \cdot \pi \cdot 3,7 V_{2n}} = \frac{200}{3,7} \approx 5,4 \right|$$

← отв. 2)

4)

$$m = \rho L S$$

$$L = (h_1 + h_2) \cos^{-1} \alpha = 20 \text{ м}$$

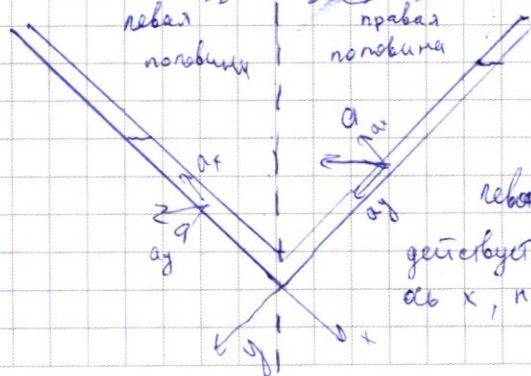
Рис. 1: L - длина обеих стоек жидкости (суммарная)

m - масса всей жидкости

S - площадь поперечного сечения трубы

Из рис. можно увидеть, что для

левой половины конструкции на жидкость действует сила, порождаемая проекцией ускорения на ось x, на правую - ускорения на ось y.



тогда:

$$ggh_1 + \frac{m \cdot a \cdot \cos \alpha}{S} = ggh_2 ; \quad m = \rho SL$$

$$\rho g h_1 + \rho \rho L \cdot a \cdot \cos \alpha / \rho = \rho g h_2$$

$$gh_1 + a \cos \alpha \cdot L = gh_2$$

$$a = \frac{gh_2 - gh_1}{\cos \alpha \cdot L}$$

$$L = (h_1 + h_2) \cdot \cos \alpha = 20 \sqrt{2} \text{ см}$$

$$\cos \frac{\pi}{4} = \sin \frac{\pi}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \sin \alpha \Rightarrow a_x = a_y = a \cdot \cos \alpha$$

Усл. обозначения

E_{1n} - потенциальная энергия

левого столба жидкости в первый момент времени после исчезновения ускорения

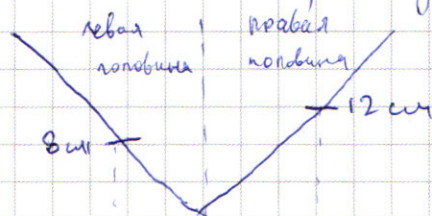
E_{1n} - потенциальная энергия

правого столба жидкости в тот же момент

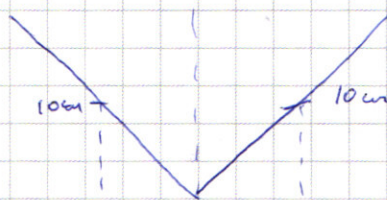
E_{2n} и E_{2n} - потенциальная энергия левого и правого столбов соответственно в момент равенства высот столбов масла.

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = g \frac{4}{20} = 2 \text{ м/с}^2 \leftarrow \text{Ответ 1)}$$

В первый момент времени после исчезновения ускорения у левой и у правой половины жидкости ^{масла} есть свои потенциальные энергии. Разность давлений будет ускорять ^{масло} жидкость до того момента, как давления справа и слева сравняются, после чего разность снова будет увеличиваться, так как скорость ^{масла} жидкости ^{будет} направлена влево и левый столб ^{масла} жидкости станет выше, разность давлений снова начнет тормозить ^{масло} ~~жидкость~~. Кроме того, так как трения нет, система будет безостановочно колебаться, а скорость масла будет максимальной в моменты, когда высоты столбов масла равны.



Пусть m' - масса масла в $\sqrt{2}$ см трубки



$$E_{1n} = (m' \cdot 8) \cdot g \cdot \frac{8}{2} = 32 m' g$$

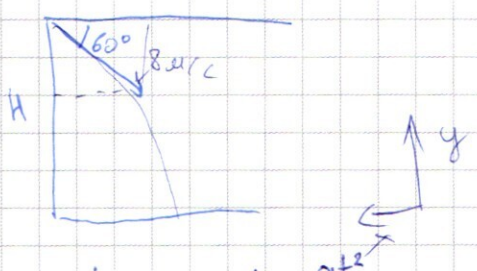
$$E_{1n} = (m' \cdot 12) \cdot g \cdot \frac{12}{2} = 72 m' g$$

$$E_{2n} = E_{2n} = 10 m' \cdot g \cdot \frac{10}{2} = 50 m' g$$

$$E_{1n} + E_{1n} - E_{2n} - E_{2n} = E_{k \max} = 4 m' g \cdot 1 = \frac{20 m' v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{8 m' g}{20 m'}} = \sqrt{\frac{2}{5} g} = 2 \text{ м/с} \leftarrow \text{Ответ 2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. 

$H = v_{0y} \cdot t + \frac{gt^2}{2}$

Черновик I

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

$dV = gt$

$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = 4\sqrt{3}$

③ $S = v_0 x t = v_0 \cos \alpha t = 4t$

$2.5v_0 = \sqrt{v_{kx}^2 + v_{ky}^2} = \sqrt{(v_{kx} + dv_{kx})^2 + (v_{ky} + dv_{ky})^2} = \sqrt{(4+0)^2 + (4\sqrt{3}+gt)^2} =$
 $= 20 \text{ m/s} = \sqrt{16 + 48 + 80\sqrt{3}t + 100t^2}$
 $8\sqrt{3}t + 100t^2 = 336$
 $100t^2 + 8\sqrt{3}t - 336 = 0$

$$t = \frac{-8\sqrt{3} \pm \sqrt{48 + 134400}}{200}$$

$$V_{134400} = ? \quad 2\sqrt{2 \cdot 16800} =$$

 $= 4\sqrt{8400} = 4\sqrt{3 \cdot 2800}$

$$(2.5 \cdot 8)^2 = v_{kx}^2 + v_{ky}^2 = v_{kx}^2 + (v_{ky} + dv_{ky})^2$$

 $100 = 16 + v_{ky}^2$
 $v_{ky} = \sqrt{384} = 8\sqrt{6} \text{ m/s}$
 $v_{ky} = v_{ky} + dv_{ky} = v_0 \sin \alpha + gt = 4\sqrt{3} + 10t$
 $10t = 8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}$
 $t = \frac{4(2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{10} = \frac{2(2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{5} \text{ сек}$
 $S = v_x t = 4 \cdot \frac{2(2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{5} = 8$

336
400
-64
336

336
400
134400

134400
54
48
64
048

64.6

2. Сил, кроме силы тяжести, по оси y нет, т.к. ~~клетка~~ ~~кадет~~ горизонтален

$$N_B = (m+M)g = 6mg$$

$$F_0 = \mu N = 6\mu mg$$

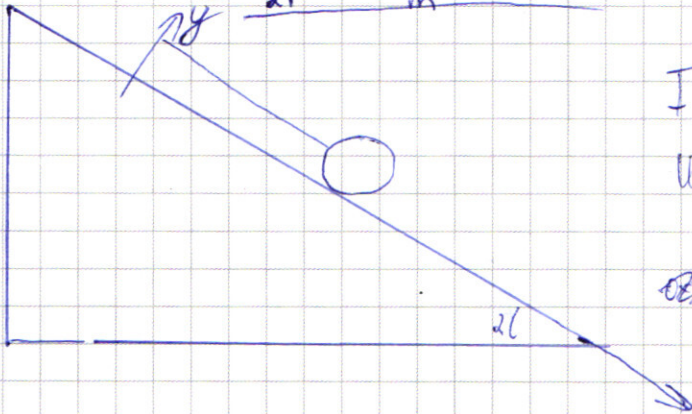
$$F = ma \quad F - S = \mu mg S + \frac{mv^2}{2}$$

$$\cancel{F - S = 6\mu mg}$$

$$\frac{mv^2}{2} = F - S - \mu mg S$$

$$v = \sqrt{\frac{2S(F - \mu mg)}{m}}$$

3.



I закон Ньютона (IUL)

$$\text{Упор покоится} \Rightarrow F_x = 0 \\ F_y = 0$$

$$\cancel{mg \sin \alpha}$$

нить параллельна оси $x \Rightarrow$ сила

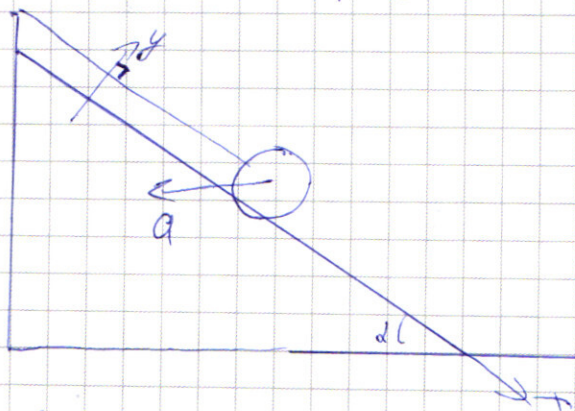
натяжения нити параллельна оси x .

$$T = mg \sin \alpha$$

$$Ox: mg \sin \alpha = T$$

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

когда система вращается



$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$r = \left(L + \frac{R}{2}\right) \cdot \cos \alpha$$

$$a = \omega^2 r = \omega^2 \left(L + \frac{R}{2}\right) \cos \alpha$$

$$Ox: mg \sin \alpha + m a \cos \alpha = T$$

$$Oy: mg \cos \alpha + m a \sin \alpha = N$$

$$T = m(g \sin \alpha + a \cos \alpha) = m\left(g \sin \alpha + \omega^2 \left(L + \frac{R}{2}\right) \cos^2 \alpha\right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Черновик II

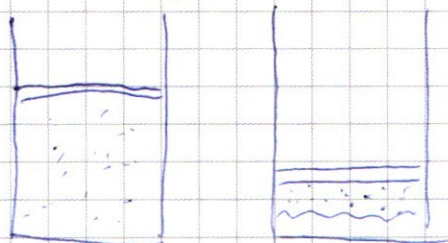
5. ~~Вариант 1~~

~~Решение~~

~~Решение~~

~~Решение~~

~~Решение~~



$$P = \frac{SRT}{M} \Rightarrow S = \frac{PM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \approx 5 \text{ м}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{S_n}{S} = \frac{5}{1000} = \frac{1}{200}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1500 \end{array}$$

$$\frac{1530}{3058,108} \approx 1/2$$

$$P = \frac{P_1 RT}{V_1} = \frac{P_2 RT}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{4,7}$$

$$V_2 + V_{\text{догн}} = V_1$$

$$V_2 + V_{\text{догн}} = 4,7 V_2$$

$$V_{\text{догн}} = 3,7 V_2$$

$$V_{\text{догн}} = 3,7 V_2$$

$$V \cdot n = M$$

$$\rho = \frac{M}{V} \quad V = \frac{M}{\rho}$$

$$V = \frac{M \cdot \rho}{\rho}$$

$$\frac{V_{\text{догн}}}{V_{\text{догн}}} = \frac{M_{\text{догн}} \cdot \rho_{\text{догн}}}{\rho_{\text{догн}} \cdot 4,7 V_2} = \frac{200}{3,7} \approx 5,4$$

$$200 \cdot 3,7$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 200 \\ \hline 185 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,5 \\ \times 37 \\ \hline 385 \\ 165 \\ \hline 2035 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,4 \\ \times 37 \\ \hline 378 \\ 162 \\ \hline 1998 \end{array}$$

$$sgh_1 + \frac{m}{s} = sgh_2$$

$$m = \rho V$$

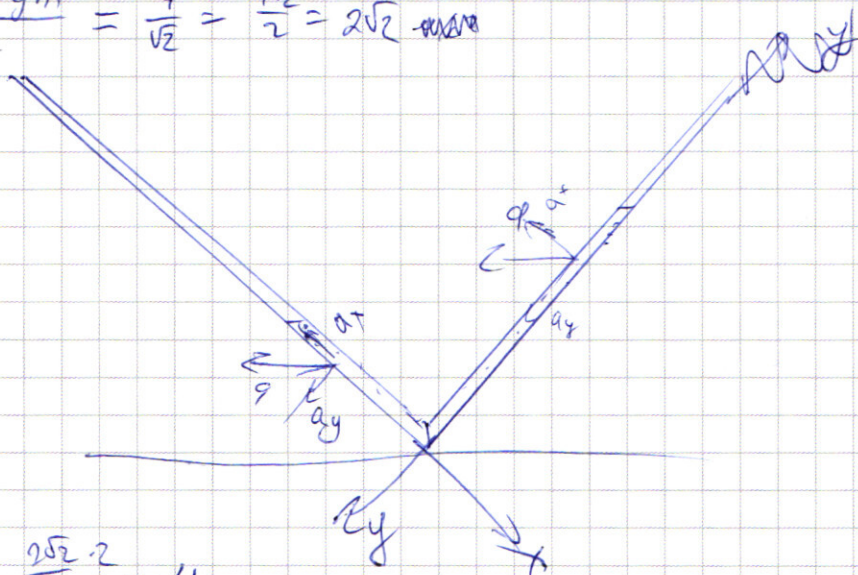
$$m = \rho s L$$

$$sgh_1 + \frac{\rho s L a}{s} = sgh_2$$

$$gh_1 + aL = gh_2$$

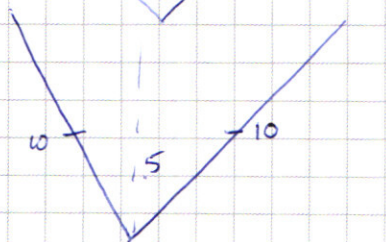
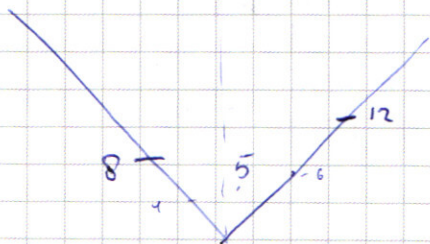
$$L = h_1 \cos \alpha + h_2 \cos \alpha = 20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2}$$

$$a = \frac{gh_2 - gh_1}{L} = \frac{4}{\sqrt{2}} = \frac{4\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}$$



$$a = \frac{2\sqrt{2}}{\cos \alpha} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 2}{\sqrt{2}} = 4$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$



$$E_{n1} = mgh = 8 \text{ kg} \cdot 4$$

$$E_{1n} = mgh = 12 \text{ kg} \cdot 6$$

$$E_{2nn} = E_{2nn} = mgh = 10 \cdot 10 \cdot 5$$

$$E_{n21} = 32 \text{ kg} + 72 \text{ kg} = 104 \text{ kg}$$

$$E_{n22} = 100 \text{ kg}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = 4 \text{ kg}$$

$$E_{1n} = 8m \cdot g \cdot 4$$

$$E_2 = 100mg$$

$$E_k = \frac{20mv^2}{2} = 10mv^2$$

$$E_{1n} = 12m \cdot g \cdot 6$$

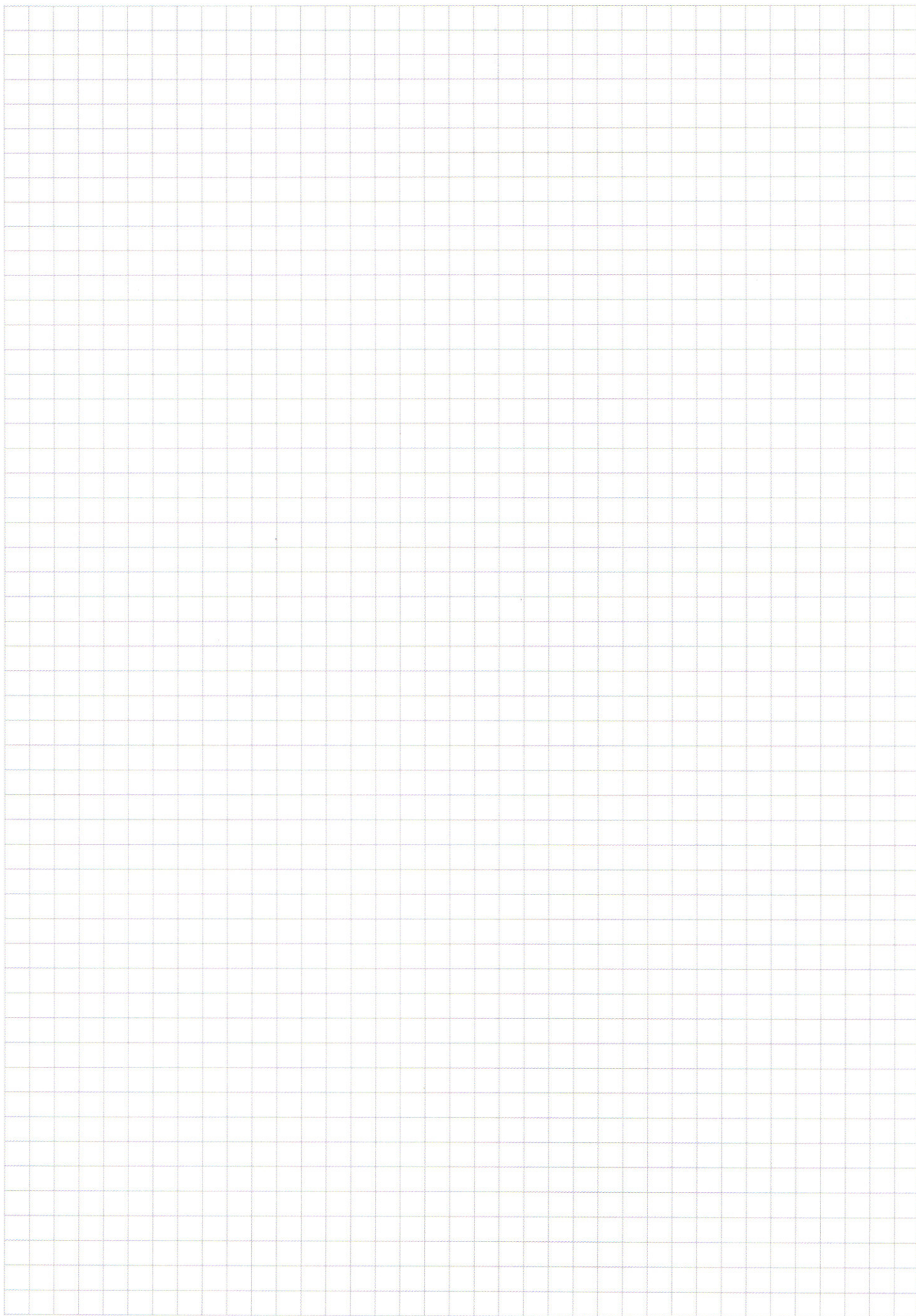
$$E_1 - E_2 = 4mg$$

$$10mv^2 = 4mg$$

$$v = \sqrt{\frac{4g}{100}} = 2 \text{ m/s}$$

$$E_1 = 104mg$$

$$2\sqrt{10} \text{ m/s}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)