

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

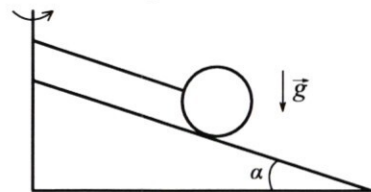
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. 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) За какое время 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.

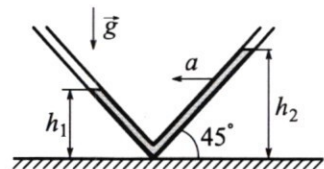


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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

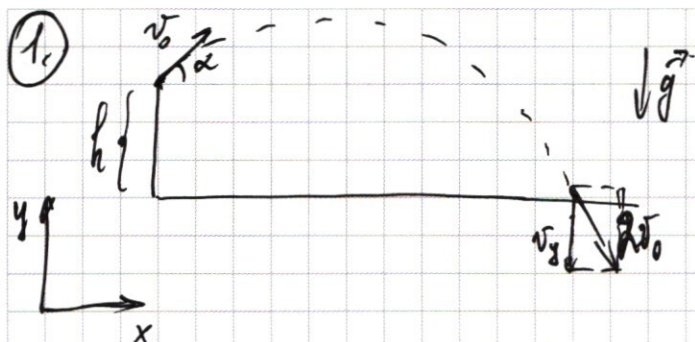


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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 $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} ; \alpha = 30^\circ$$

$$|v_y| = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

1) Найдём, с какой высоты была брошена гайка.

ЗСЭ: (кусок m — масса гайки)

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 4v_0^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 + 2gh = 4v_0^2$$

$$2gh = 3v_0^2, \quad h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} \text{ м} = \underline{\underline{15 \text{ м}}}$$

2) Найдём время полёта гайки:

$$(y): v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = -h \quad | \cdot 2 \quad (t - \text{время полёта})$$

$$gt^2 - 2v_0 \sin \alpha t - h = 0$$

$$gt^2 - v_0 t - h = 0$$

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4gh}}{2g}$$

$$t = \frac{10 + \sqrt{100 + 600}}{20} \approx \frac{10 + 26,4}{20} = \frac{36,4}{20} = \underline{\underline{1,82 \text{ с}}}$$

3) Зная время полёта пайки, найдём проекцию её скорости при падении:

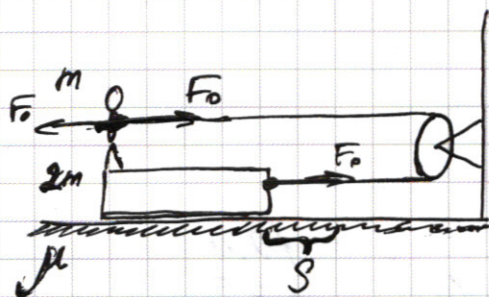
$$(y): v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

Модуль этой скорости равен

$$|v_y| = \left| \frac{1}{2} v_0 - gt \right| \approx \left| 5 - 10 \cdot 1,82 \right| \frac{м}{с} = (18,2 - 5) \frac{м}{с} = \underline{\underline{13,2 \frac{м}{с}}}$$

- Ответ:
- 1) $|v_y| \approx 13,2 \frac{м}{с}$
 - 2) $t \approx 1,82 с$
 - 3) $h = 15 м$.

②



$m, 2m, g, \mu$

$$P = ?$$

$$F_0 = ?$$

$$t = ?$$

1) Мальчик и ящик ~~являются~~ движутся как единое целое, поэтому рассмотрим систему "мальчик + ящик". Вдоль вертикальной оси "перемещения нет, поэтому сила давления ящика с мальчиком на пол при движении ящика равна $P = (m + 2m)g = 3mg$.

2) Т.к. канат невесомый, сила натяжения во всех его частях одинакова. Сила трения, действующая на систему в процессе движения, равна $3\mu mg$. Когда человек начинает тянуть

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

канат ~~_____~~ с силой F_0 , на него со стороны ^{каната} действует сила, противоположно направленная и по 3-ему закону Ньютона равная F_0 . ~~_____~~ Сила F_0 — это сила натяжения каната, потому что к ящику (см. рис.) также приложена сила F_0 . Итак, в горизонтальном направлении на систему «человек + ящик» действуют ^{противоп. напр.} силы: $2F_0$ и $3mg$. Значит, минимальная сила, с кот. надо тянуть человека канат, чтобы сдвинуть ящик, равна $F_0 = \frac{3}{2}mg$.

3) Изначально система покоилась, тогда $s = \frac{at^2}{2}$, $t^2 = \frac{2s}{a}$. (a — ускорение системы)

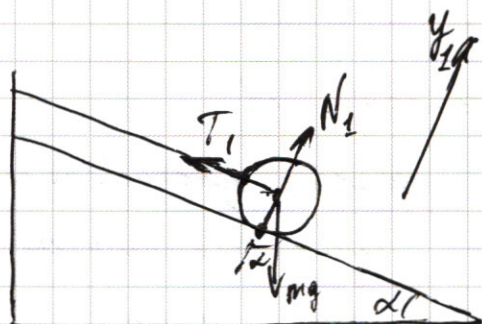
Аналогично пункту 2), на систему действуют противоположно напр. силы $2F$ и $3mg$, тогда $a = \frac{2F - 3mg}{3m} = \frac{2F}{3m} - g$.

Тогда $t^2 = \frac{2s \cdot 3m}{2F - 3mg}$; $t = \sqrt{\frac{6m \cdot s}{2F - 3mg}}$

Ответ: 1) $P = 3mg$.
2) $F_0 = \frac{3}{2}mg$
3) $t = \sqrt{\frac{6m \cdot s}{2F - 3mg}}$

3.)

1) ~~Шар~~ Система покоится:



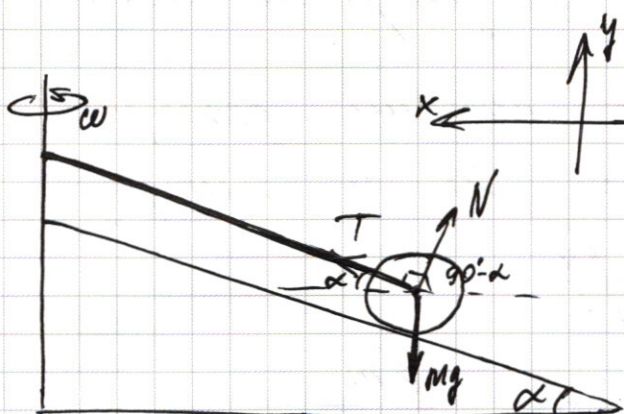
На шар действуют три силы: тяжести, реакции клина и натяжения нити. Т.к шар покоится,

$$(y): N_1 - mg \cos \alpha = 0$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

По третьему закону Ньютона $P = N_1 = mg \cos \alpha$.

2) Система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, шар не отрывается от клина:



Расстояние от центра шара до оси вращения равно $(L+R) \cos \alpha$. Тогда центр шара будет двигаться по окр-ти с центростремительным ускорением $a_y = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$.

По 2-му закону Ньютона:

$$(x): T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \quad (1)$$

$$(y): T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(1) \Rightarrow T \cos \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha + N \sin \alpha$$

$$T = m \omega^2 (L+R) + N \tan \alpha$$

$$(2) \quad m \omega^2 (L+R) \sin \alpha + N \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + N \cos \alpha = mg \quad / \cdot \cos \alpha$$

$$m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha + \underbrace{N \sin^2 \alpha + N \cos^2 \alpha}_N = mg \cos \alpha$$

$$N = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

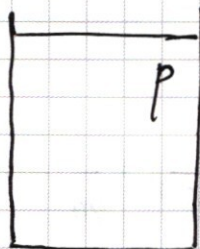
По 3-му 3-му Ньютона

$$P' = N = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $P = mg \cos \alpha$

2) $P' = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$.

5.



1) Т.к. по условию под поршнем находится насыщенный водяной пар, то относ. влажность

в сосуде равна $\varphi = 1$ (значит, гвл. нас. пара при $t = 27^\circ\text{C}$ равно p).
Найдём плотность пара:

По 3-му Менделеева - Клапейрона для водяного пара:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p_n = \frac{pM}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,02 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t = 27^\circ\text{C}$$

$$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$1) \frac{p_n}{p} = ?$$

$$2) \frac{V_n}{V_0} = ?$$

Учитывая $\rho_b = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$, получаем

$$\frac{\rho_n}{\rho_b} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-5}.$$

2) Пусть m_n — масса пара скажем, m_n' — масса пара в конце, m_b — масса воды в конце; $5,6V$ — объем ~~пара~~ пара скажем, V — объем пара в конце.

По 3-му Менделеева — Клапейрона для пара в начальном и конечном состояниях:

$$\begin{aligned} p \cdot 5,6V &= \frac{m_n}{\mu} RT \\ pV &= \frac{m_n - m_b}{\mu} RT \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad 5,6 = \frac{m_n}{m_n - m_b}$$
$$5,6m_n - 5,6m_b = m_n$$
$$4,6m_n = 5,6m_b$$
$$\frac{m_b}{m_n} = \frac{23}{28}$$

Учитывая $m_n = m_b + m_n'$, получаем

$$28m_b = 23m_b + 23m_n'$$

$$5m_b = 23m_n' \Rightarrow \frac{m_n'}{m_b} = \frac{5}{23}$$

$$\text{Тогда } \frac{V}{V_b} = \frac{m_n'/\rho_n}{m_b/\rho_b} = \frac{m_n'}{m_b} \cdot \frac{\rho_b}{\rho_n} = \frac{5}{23} \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = \frac{5}{46} \cdot 10^5 \approx 0,11 \cdot 10^5$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{\rho_n}{\rho_b} = 2 \cdot 10^{-5} ; \quad 2) \frac{V}{V_b} \approx 0,11 \cdot 10^5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

$v_y = ?$
 $t = ?$
 $h = ?$

$v_y = v_0 \sin \alpha - gt = \frac{1}{2} v_0 - gt = 5 - 10 \cdot 1,82 = 5 - 18,2 = -13,2 \frac{m}{c}$

$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m \cdot 40^2}{2} \quad | : 2$

$v_0^2 + 2gh = 4v_0^2$
 $2gh = 3v_0^2 \Rightarrow h = \frac{3v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{20} = 15 m$

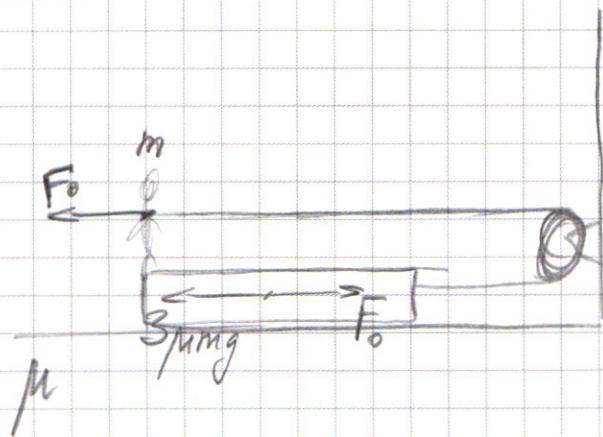
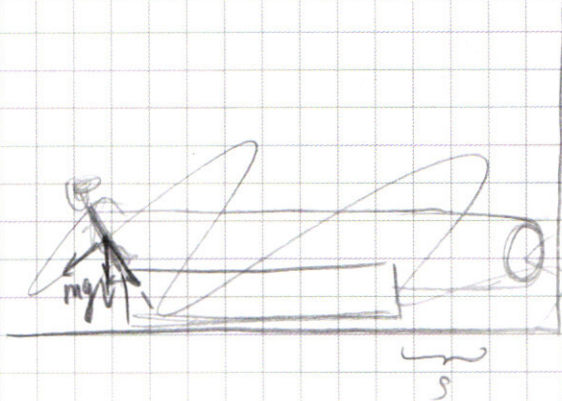
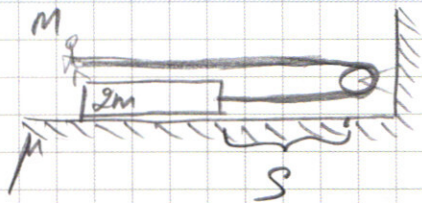
$(y): v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = -h$

$\frac{gt^2}{2} - v_0 \sin \alpha t - h = 0$
 $gt^2 - v_0 t - h = 0$
 $t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4gh}}{2g}$
 $t \approx 1,82 c$

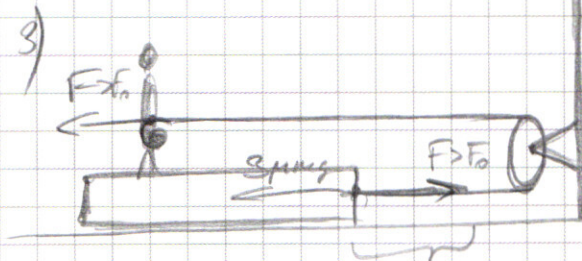
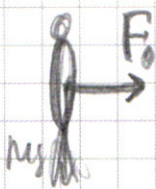
$v_0^2 + 4gh = 100 + 600 = 700$
 $\frac{10 + \sqrt{700}}{20}$
 $\frac{10 + 26,4}{20} = \frac{36,4}{20} = \frac{3,64}{2} = 1,82$

$\begin{array}{r} 26,4 \\ \times 26,4 \\ \hline 105,6 \\ + 158,4 \\ \hline 696,96 \end{array}$

2.



- 1) $3mg$ 2) $F_0 = 3mg$



$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2}at^2, \quad a = \frac{2F}{3m}$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{2F}{3m} t^2 \Rightarrow t^2 = S \cdot \frac{3m}{F}$$

$$t = \sqrt{3 \frac{m}{F} S}$$

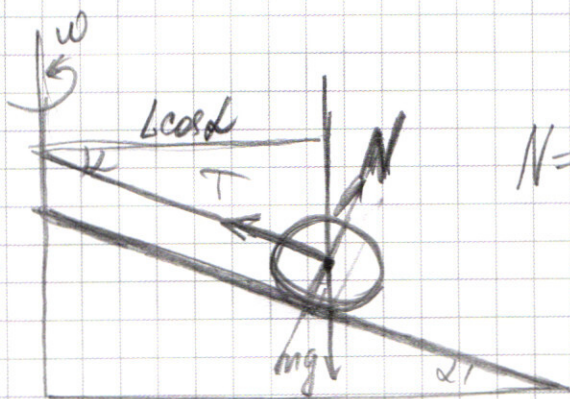


$$v = \omega L$$

$$a_y = \frac{v^2}{2} = \frac{\omega^2 L^2}{2} = \frac{\omega^2 L}{2}, \quad r = L \cos \alpha$$

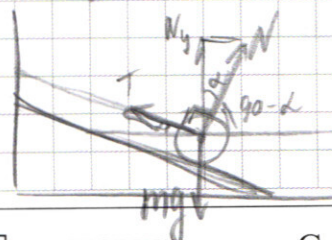
m, R, L, L

3.



$$N = mg \cos \alpha - \text{циср. поворот}$$

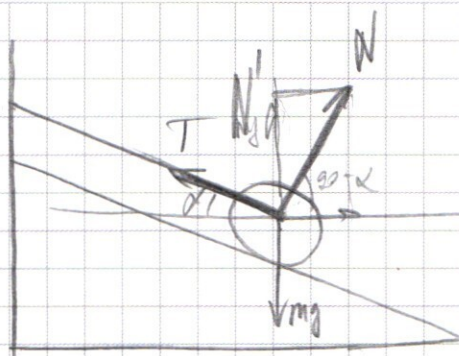
$$a_y = \omega^2 L \cos \alpha$$



$$T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 L \cos \alpha$$

$$N = mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \quad (1)$$

$$T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 L \cos \alpha \quad (2)$$

$$(2) \Rightarrow T \cos \alpha = m \omega^2 L \cos \alpha + N \sin \alpha$$

$$T = m \omega^2 L + N \tan \alpha$$

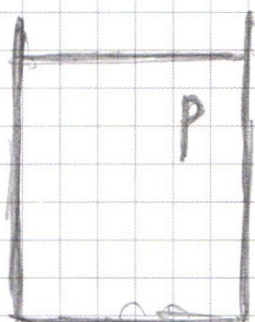
$$m \omega^2 L \sin \alpha + N \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + N \cos \alpha = mg \quad | \cdot \cos \alpha$$

$$m \omega^2 L \sin \alpha \cos \alpha + N \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg \cos \alpha - m \omega^2 L \sin \alpha \cos \alpha}{\sin \alpha + \cos \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 18 \\ \hline 63,90 \\ + 2840 \\ \hline 355 \\ 768000 + 6390 \\ \hline 774390 \end{array}$$

5



$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{н0}}} = 1$$

$$\varphi = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{н0}}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{н0}}}$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$PM = PRT$$

$$P = \frac{\mu P}{RT} \Rightarrow P = \frac{\mu P}{RT}$$

$$P = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 3,55 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 300} = 2,68$$

$$\frac{2,68}{300} \approx 0,009$$

$$\frac{76800}{168000} = 0,457$$

$$V = 5,6 V_{\text{к}} \Rightarrow V = \frac{m_{\text{н}}'}{m_{\text{б}}} \cdot \frac{P_{\text{б}}}{P_{\text{н}}}$$

$$P \cdot 5,6 V = \frac{m_{\text{н}}}{\mu} RT$$

$$PV = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{б}}}{\mu} RT$$

$$5,6 = \frac{m_{\text{н}}}{m_{\text{н}} - m_{\text{б}}}$$

$$m_{\text{н}} = 5,6 m_{\text{б}} - m_{\text{б}}$$

$$5,6 m_{\text{б}} = 4,6 m_{\text{н}}$$

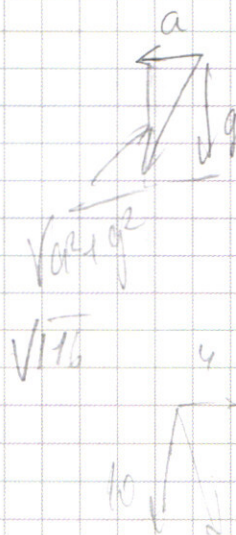
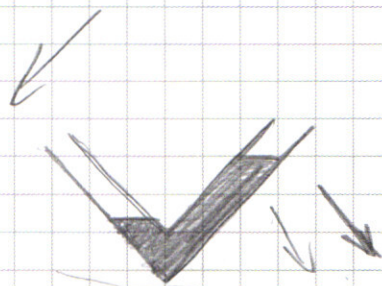
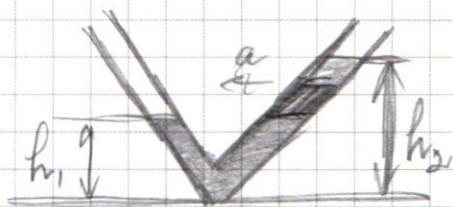
$$\Rightarrow \frac{m_{\text{б}}}{m_{\text{н}}} = \frac{4,6}{5,6} = \frac{23}{28}$$

$$m_{\text{б}} + m_{\text{н}}' = m_{\text{н}} \Rightarrow m_{\text{н}}' = \frac{5}{28} m_{\text{н}}$$

$$\frac{m_{\text{б}}}{m_{\text{н}}'} = \frac{23}{5}$$

$$\frac{V_{\text{б}}}{V_{\text{н}}'} = \frac{23}{5} = 4,6$$

4



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)