

Рег. №: Ф10-1Е-0036
Класс участия: 10
Место проведения: ЛЭТИ (СПб)
Дата проведения: 23 февраля 2020 г.
Время начала (местное): 11-11

ШК
(заполняется секретарём)



Олимпиада школы

по Физике
Название пг

Заключительный этап 2020 г.

Анкета участника

Данная анкета предъявляется участником вместе с документом, удостоверяющим личность, при входе на олимпиаду. По окончании написания олимпиады анкета обязательно вкладывается в работу. Работа без предоставления анкеты недействительна и не проверяется. Анкета без подписей недействительна.

<u>Сорокин</u> Фамилия	<u>Иван</u> Имя	<u>Антонович</u> Отчество	<u>23.09.2003</u> Дата рождения	<u>16</u> Возраст
<u>Р.Ф.</u> Страна	<u>СПб</u> Регион	<u>центральный р-н</u> Населенный пункт	<u>Б.О.</u>	
<u>Паспорт</u> Документ, удостоверяющий личность	<u>4017</u> Серия	<u>915944</u> Номер	<u>27.10.2017</u> Дата выдачи	<u>780-007</u> Код подразделения
<u>Р.Ф.</u> Страна школы	<u>СПб</u> Регион школы	<u>центральный р-н</u> Населенный пункт школы		
<u>10</u> Класс обучения	<u>УБОУ «Президентский РМЦ № 239»</u> Полное название образовательного учреждения			
<u>89643941355</u> Мобильный телефон	<u>Доп. телефон</u>	<u>nanosov@111@yandex.ru</u> E-mail		

Согласие на обработку персональных данных

Я согласен(-на) на сбор, хранение, использование, распространение (передачу) и публикацию своих персональных данных, а также олимпиадных работ, в том числе в сети "Интернет". Я согласен(-на), что мои персональные данные будут ограничено доступны организаторам олимпиады для решения административных и иных рабочих задач. Я проинформирован(а), что под обработкой персональных данных понимаются действия (операции) с персональными данными в рамках выполнения Федерального закона №152 от 27 июля 2006 г., конфиденциальность персональных данных соблюдается в рамках исполнения Операторами законодательства Российской Федерации. Я согласен(-на) на получение информационных писем от организаторов олимпиады на E-mail, указанный при регистрации.

Я подтверждаю, что все указанные мной данные верны и в указанном виде будут использованы при печати дипломов олимпиад в случае их получения. Я согласен(-на) на передачу данных в государственный информационный ресурс о детях, проявивших выдающиеся способности, созданный во исполнение Постановления Правительства Российской Федерации № 1239 от 17 ноября 2015 г.

Я подтверждаю, что ознакомлен с Положением и Регламентом проведения олимпиады школьников «Физтех», а также с правилами оформления и условиями проверки работы.

«22» февраля 2020 г.

[Подпись]
Подпись участника олимпиады

Сорокина Елена Сергеевна
ФИО законного представителя

Мать
Степень родства

Сорокин
Подпись законного представителя

**Анкета без подписи недействительна.
Анкета обязательно должна быть вложена в работу!**

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

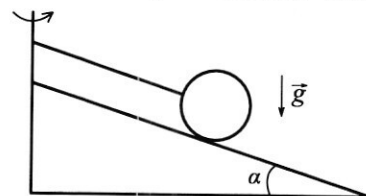
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

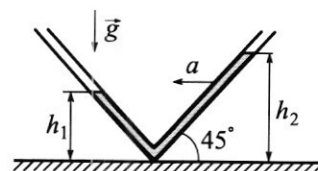


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

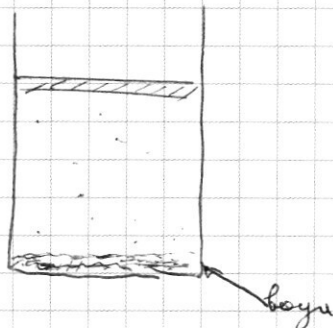
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

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

5



$$273 + 27 = 300$$

$$M = 18 \text{ г/мол}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$P_{\text{ки}} = 1$$

$$PV = \nu RT \text{ - газ}$$

наб. изоген. процесс, $T = \text{const.}$

$$\Rightarrow P$$

$$P_{\text{ки}} = \text{const.}$$

$$Vd, P?$$

$$\frac{P_{\text{ки}}}{P_{\text{ки}0}} = \frac{P}{P_{\text{ки}}}$$

$$P = \frac{\nu RT}{V} \text{ - изоген.}$$

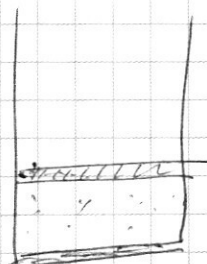
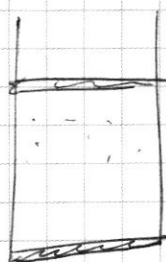
$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{P_{\text{ки}}}{M} RT$$

$$\Rightarrow P_{\text{ки}} = \frac{P \cdot M}{RT}$$

$$P_{\text{ки}} = 355 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} + \nu_{\text{O}_2} = \nu_{\text{O}_2} = \text{const.}$$

$$2) \nu_0 = \nu_{\text{H}_2} + \nu_{\text{O}_2}$$



$$\nu_{\text{H}_2} + \nu_{\text{O}_2} = \nu_{\text{O}_2}$$

$$\nu_0 = \frac{m}{M} \cdot P$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m}{M}$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = m \cdot P_{\text{ки}} = \nu \cdot M \cdot P$$

$$355.18 = 3550 - 3550 - 7100 - 355.2 =$$

$$= 7100 - 710 = 6400 - 10 = 6390.$$

$$831.3 = 2493$$

$$\leadsto \frac{639}{249}$$

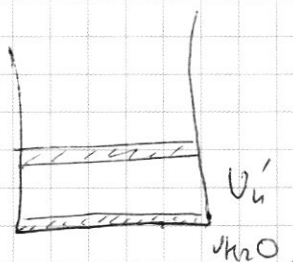
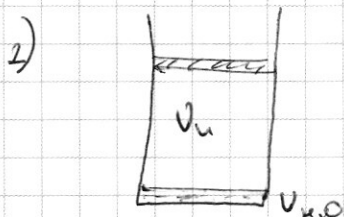
$$PV = \nu RT$$

$$\Rightarrow \nu = \frac{PV}{RT}$$

$$\begin{array}{r} 639 \\ - 598 \\ \hline 410 \\ - 249 \\ \hline 161 \end{array} \quad \begin{array}{r} 249 \\ - 2,1 \\ \hline \end{array}$$

$$249 \cdot 2 = 598$$

$$\lambda = \frac{P}{P_{\text{нн}}}$$



$$m = \nu \cdot M$$

$$\nu \downarrow 5,6 \text{ раз}$$

$$P \cdot V' = \nu' \cdot RT$$

$$P' = \frac{\nu'}{M} \cdot RT$$

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{P_{\text{нн0}} \cdot V_{\text{нн}}}{M}$$

$$P \cdot V' = \cancel{P' \cdot V'} = P \quad P, P - \text{const.}$$

$$\nu_0 = \nu_n + \nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_0 \cdot V_0}{RT_0} + \nu_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_0 \cdot V' \cdot \delta}{R_0 \cdot T_0} + \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{M} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}^?$$

$$\Delta \nu_n = \Delta \nu_{\text{H}_2\text{O}} \quad \frac{P_0 \cdot V_0}{R_0 \cdot T_0} - \frac{P_0 \cdot V'}{R_0 \cdot T_0} = \frac{m_0}{M} - \frac{m_1}{M} = \frac{m_0 - m_1}{M}$$

$$m_0 - m_1 = \nu \cdot M$$

$$V_n + V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{нн}}^?$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} (\Delta V) = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta V_{\text{H}_2\text{O}}}{M}$$

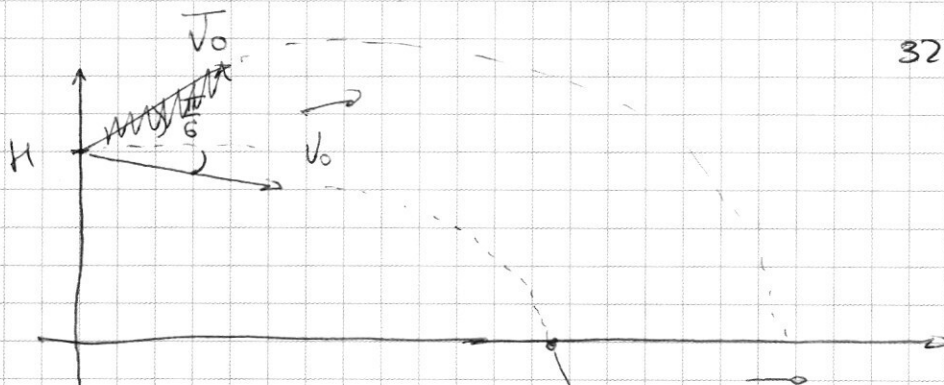
$$1) V_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m = V_0 - V_n$$

$$2) V'_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m' = V'_0 - V'_n$$

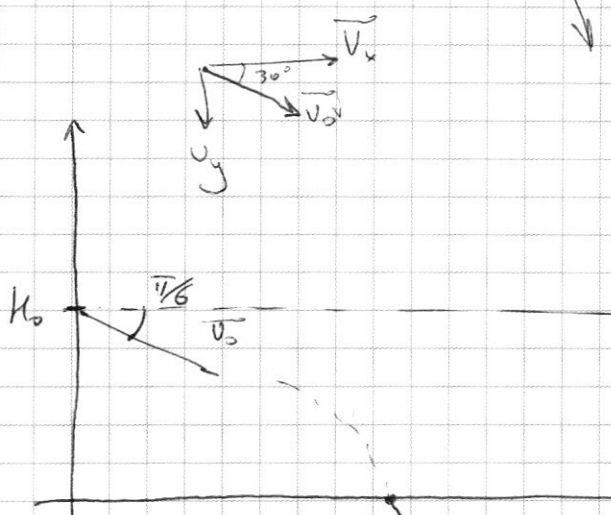
$$\frac{\Delta m}{M}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



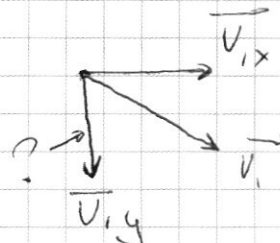
$$\begin{aligned} 325 &= 100 \cdot 3 + 25 \\ &= 25 \cdot 12 + 25 \\ &= 25 \cdot 13 \\ &= 25 \cdot 13 \end{aligned}$$



$$v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$v_{0y} = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \text{ м/с.}$$

$$v_1 = 2v_0 = 20 \text{ м/с.}$$



$$\vec{z}(t) = \vec{z}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$\Rightarrow H(t) = H_0 + v_{0y} t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow 0 = H_0 -$$

$$v_y(t) = v_{0y} - g t = 5 - 10 t$$

$$v_y(t) = -5 - 10 t$$

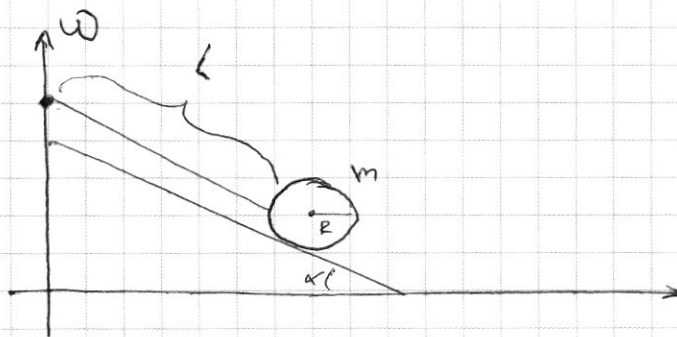
$$v_x(t) =$$

$$0 = H_0 - 5 t - \frac{10 t^2}{2}$$

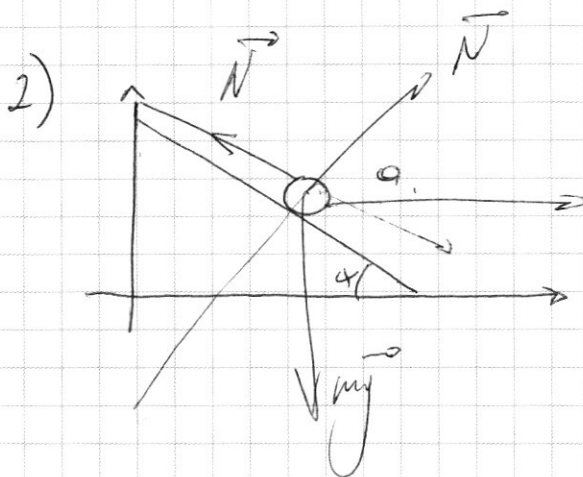
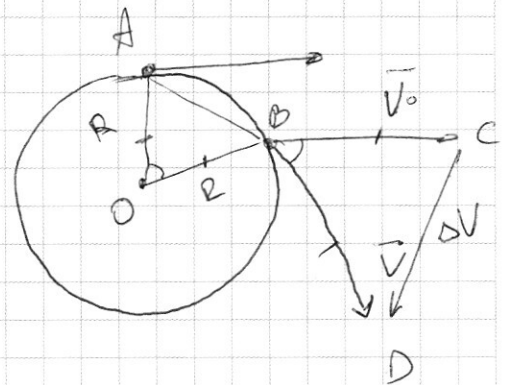
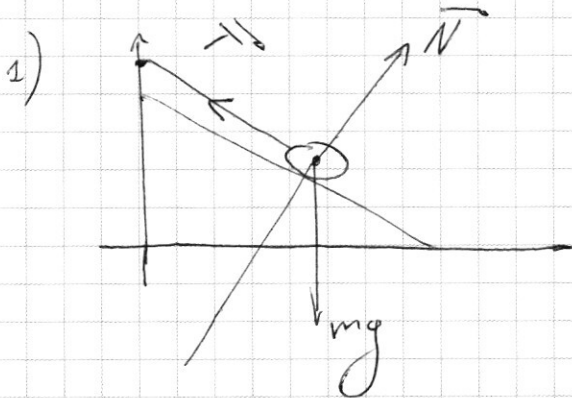
$$\begin{aligned} 325 \cdot 10 &= 3250 \\ 325 \cdot 8 &= \end{aligned}$$

$$\frac{13 - 2\sqrt{13} + 1}{4} = \frac{14 - 2\sqrt{13}}{4} = \frac{7 - \sqrt{13}}{2}$$

3



$N = ?$
 $N_w = ?$



$$a_n = \omega^2 R$$

$$\triangle AOB \sim \triangle CBD$$

$$\frac{AB}{R} = \frac{V}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{V \Delta t}{\Delta V} = \frac{V}{R}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = R$$

$$V = \omega R$$

$$V = \omega R, a = \frac{V^2}{R}$$

$$F = \frac{P \cdot M}{R \cdot \Delta t} = 3 \cdot 10^2$$

355

$$AB = \frac{V}{\Delta t}$$

$$\frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 18 \text{ s}}{8,31 \cdot 300}$$

$$831 \cdot 3$$

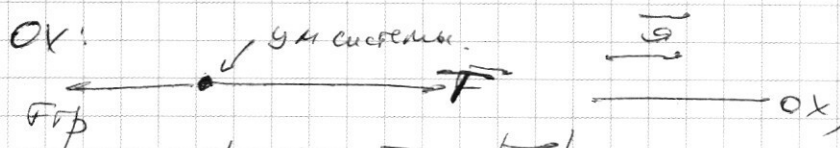
$$831 \cdot 3 \cdot 10^4$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1,2 \text{ cm}^3/\text{s} \approx 1000 \text{ m}^3/\text{s}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $t = ?$

тк $F > F_0$, то возникает ускорение a .
Найдём его.



$$|\vec{F}| = |\vec{F}| = |\vec{F}_0|$$

$$3ma = F - F_0 = F - 3mg \Rightarrow a = \frac{F}{3m} - g$$

$$\Rightarrow a = \frac{F - 3mg}{3m}$$

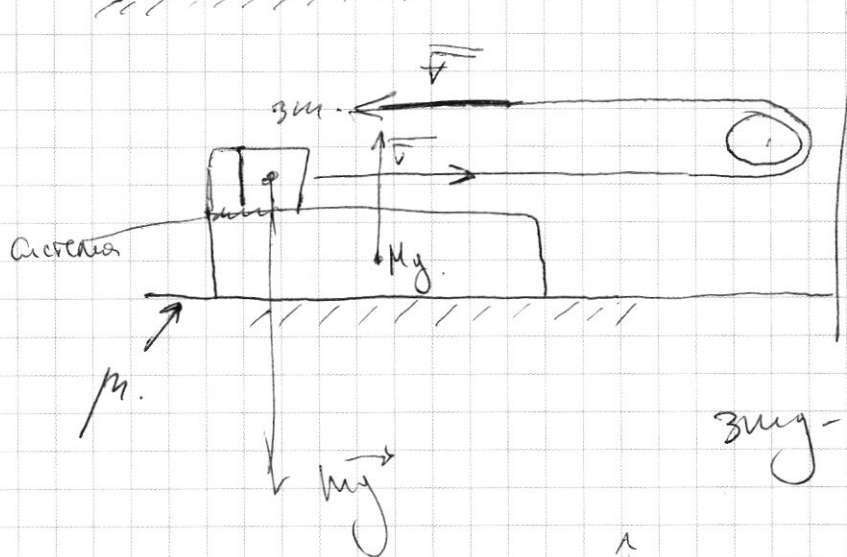
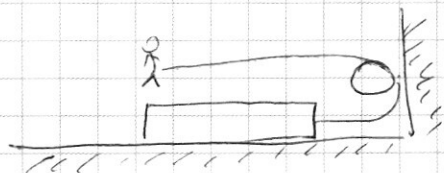
тогда $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2S \cdot 3m}{F - 3mg}$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{6mS}{F - 3mg}} \text{ с.}$$

- Ответ:
- 1) $3mg$ (Н)
 - 2) $3mg$ (Н)
 - 3) $\sqrt{\frac{6mS}{F - 3mg}}$ (с)

2

m, 2m M.



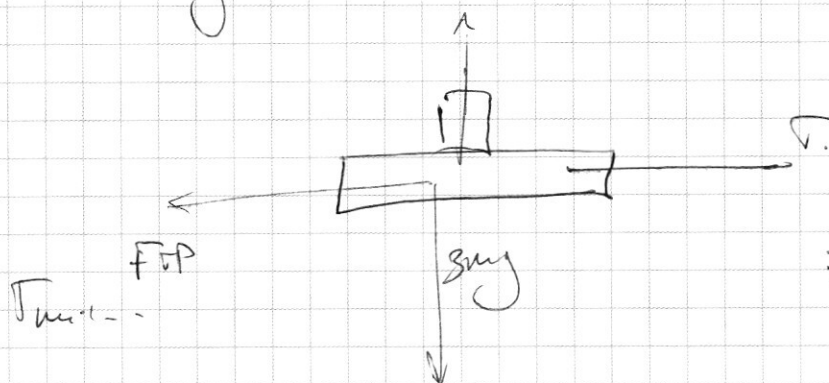
$$\overline{F} = \overline{1}$$

$$5 \cdot 18 = 50 + 40 = 90$$

$$90 \cdot 4 = 360$$

$$3mg - ?$$

8

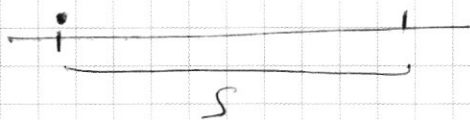


$$7 \cdot 46 = 280 + 42$$

$$= 322$$

$$F_{\text{нл}} = F_{\text{гп}} = m \cdot N = m \cdot mg$$

$$g^2 \approx 64$$



$$18 \cdot 3835 \quad 18 \cdot 388 = 6390$$

$$8 \cdot 46 = 320 + 48 = 468$$

$$\frac{831}{18 \cdot 46 \cdot 355} = \frac{831}{6390 \cdot 46} \approx \frac{1}{7.46} \cdot 1000$$

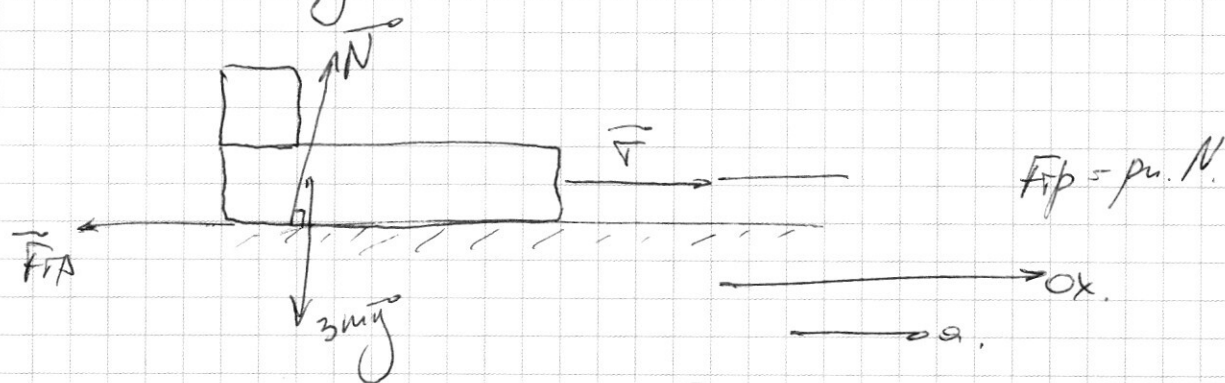
$$\approx \frac{1000}{468} \approx 2,1$$

$$\frac{1600}{322} \cdot 1000$$

2) Сила $\vec{F}$ может осуществиться? —

Заметим, что шнур свою силу прикладывает в центре, а это всевозможность приводит систему в равновесие силой $\vec{T}$, $|\vec{T}| = |\vec{F}|$.

Т.о. достаточно рассмотреть следующую систему:

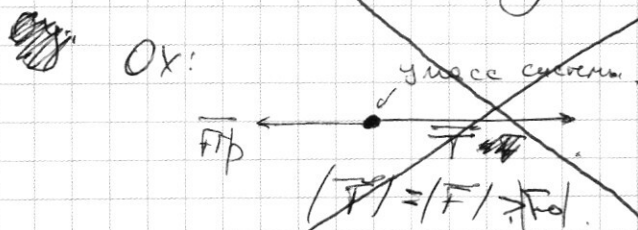


$$\min T = F_{rp} \Rightarrow \min T = \mu \cdot N = \mu \cdot 3mg$$

$$\Rightarrow \min F = \min T = 3\mu mg$$

3) t — ?

Или $F > F_0$, то возникает ускорение a .
Найдём его: ($|\vec{F}|$ и $|\vec{T}|$ по условию равны).



$$T - F_{rp} = 3ma \Rightarrow$$

$$F - 3mg = 3ma \Rightarrow$$

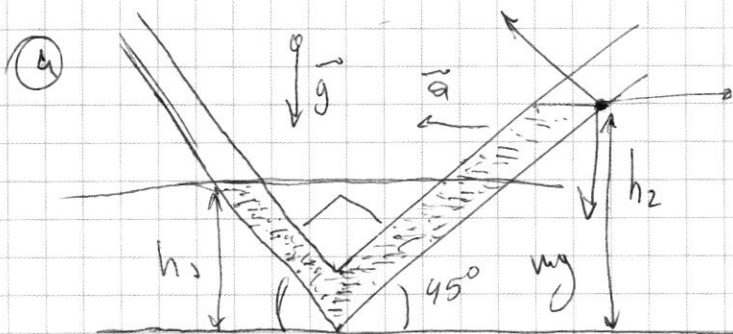
$$\Rightarrow a = \left(\frac{F}{3m} - g \right) = \left(\frac{F - 3mg}{3m} \right)$$

Тогда $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2S3m}{F - 3mg} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{6Sm}{F - 3mg}}$

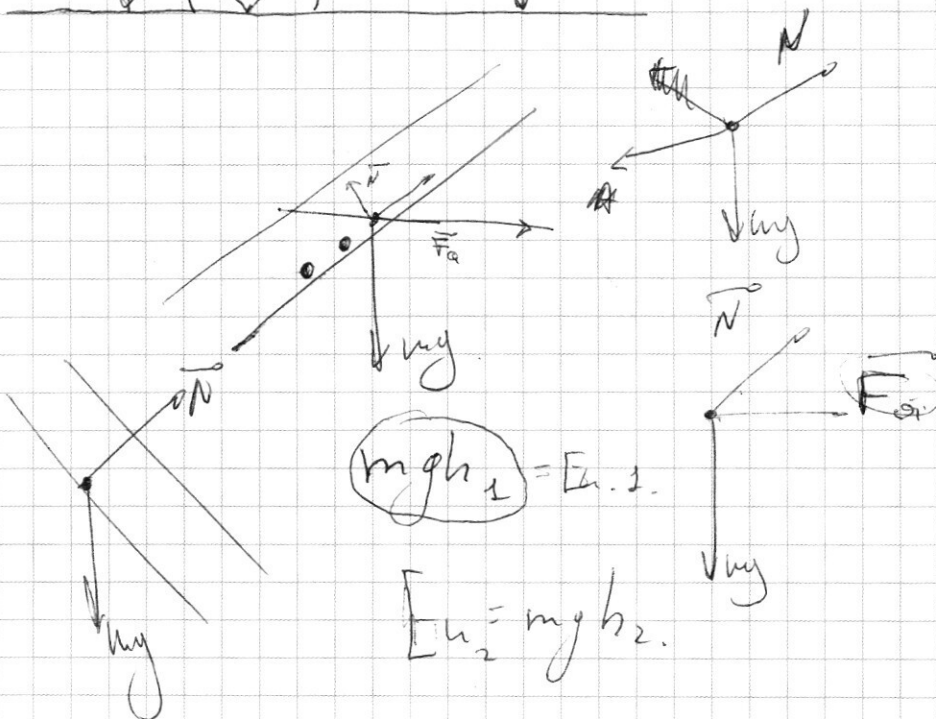
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Решение:~~ 1) $3mg$
2) $3mg$

1) $3mg$
2) $3mg$
3) $\sqrt{\frac{6Sm}{F-3mg}}$



ИИСО



$\rho g h_1 = \rho g h_2 - ?$

$P_1 = P_2$

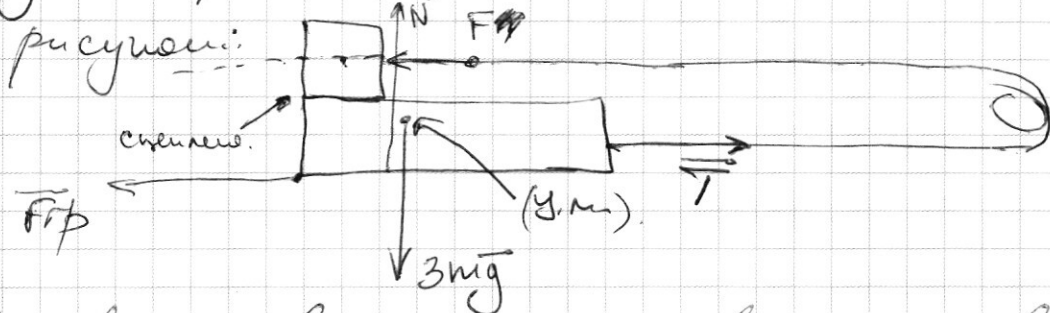
Ответ: 1) $\sim 2,1 \cdot 10^{-5}$
2) $\sim 9,1$

Задача 2

Дано: $S, \mu, M = 2 \text{ м}$
 м.
1), 2), 3) - ?

1) Сила и угол между
с плоскостью давят на кон
при движении плеча.

Для решения задачи заменим плечо на
телу из Тростки Ашман.



От движения давлени системы, очевидно, не зависит.
по III зк. Ньютона
т.е. $N = 3mg = P$

Вот ответ, что мы рассматриваем именно
систему 2х тел, взаимодействие внутри системы
нас не интересует (трение между отдельными
длинными телами)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

... 5.

2) $\gamma = 5,6$ - удельн. объема пара.

~~Рн М = const для пара и газа~~ Рн Мн = МнО:

$$|\Delta V_n| = |\Delta V_{H_2O}| \rightarrow \frac{P_0 \cdot V_0}{P_0 \cdot T_0} - \frac{P_0 \cdot V'_0}{P_0 \cdot T_0} = \frac{m_{H_2O}}{M} + \frac{m'_{H_2O}}{M}$$

$V_0 = V'_0$

0 - объем был только пар.

~~$P_0 \cdot V_0 =$~~

$$\text{т.о.} \quad \frac{P_0 \cdot V'_0 \gamma - P_0 \cdot V'_0}{RT} = \frac{P_0 V'_{H_2O}}{M}$$

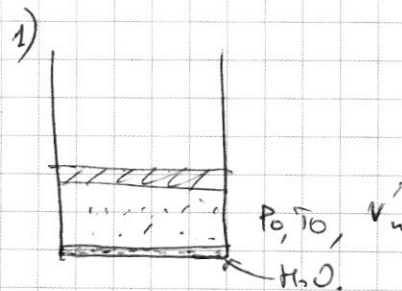
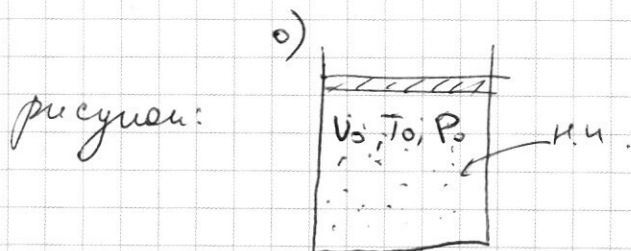
$$\Rightarrow \frac{V'_0}{V'_{H_2O}} = \frac{P_0 RT}{M(\gamma - 1) \cdot P_0} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 300}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 5,6 \cdot 3,55 \cdot 10^5}$$

используем отношение.

$$= \frac{831}{18 \cdot 4,6 \cdot 3,55} = \frac{831}{18 \cdot 46 \cdot 355 \cdot 10^{-3}} = \frac{831}{18 \cdot 46 \cdot 355} \cdot 10^3$$

$$= \frac{831 \cdot 3}{18 \cdot 4,6 \cdot 3,55} \approx \frac{3 \cdot 1000}{7 \cdot 46} \approx 9,1$$

$8^2 = 64, 18 \cdot 355 = 6390$



⊗ $P_0 = P_1$, так как давление поддерживается, а пар-испаряется.

Область: 1) $mg \cdot \cos \alpha$ (H)

2) $m \cdot \cos \alpha (g + \omega^2 (L + R) \cdot \sin \alpha)$ (H)

Задача 5

дано: $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$
 $P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
 $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ г/см}^3$
 $\rho_{\text{H}_2} = 18 \text{ г/моль}$
 1) 2) - ?

~~$\frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$~~

1) $\frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$ - ?

Выводим формулу:

$$P \cdot V = \nu R T = \frac{P_{\text{H}_2} V}{M_{\text{H}_2}} \cdot R T \Rightarrow P_{\text{H}_2} = \frac{P \cdot M_{\text{H}_2}}{R T}$$

т.о. $P_{\text{H}_2} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ г/моль}}{8,31 \cdot 300}$
 $R \sim$

т.о. $\frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{355 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{831 \cdot 3 \cdot 10^3} =$
 $\sim \text{г/м}^3$

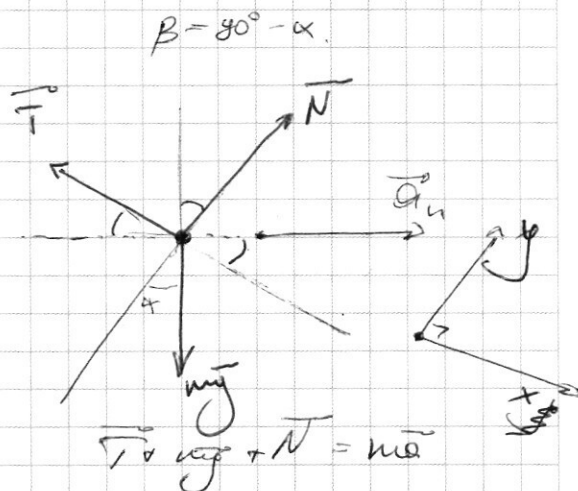
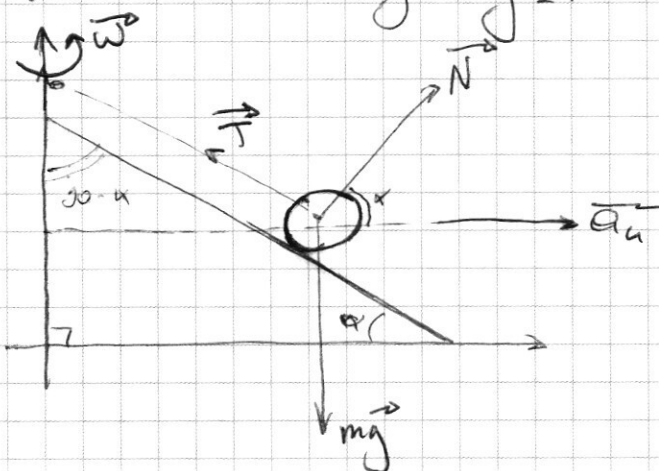
$= \frac{355 \cdot 18}{831 \cdot 3} \cdot 10^{-5} = \frac{6390}{2493} \cdot 10^{-5} \approx \underline{2,5 \cdot 10^{-5}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N = mg \cdot \cos \alpha$; но по 2-й З. Ньютона
используем R_n есть N .

2) Ринга (ω - угловая скорость).

аналогично пунту 1:



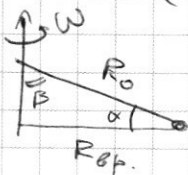
$$\text{or: } -T + mg \cdot \sin \alpha = ma_n \cdot \cos \alpha.$$

$$\text{or: } N - mg \cdot \cos \alpha = ma_n \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = m(g \cos \alpha + a_n \sin \alpha).$$

находим a_n . $a_n = \omega^2 r$, осталось найти

$$R \text{ вращая. } R_0 = (L + R) \Rightarrow R_{\text{perp}} = r = (L + R) \cdot \cos \alpha.$$



$$\Rightarrow N = m \cdot \cos \alpha (g + \omega^2 (L + R) \cos \alpha).$$

$$\Rightarrow P \text{ (по 2-й З. Ньютона).}$$

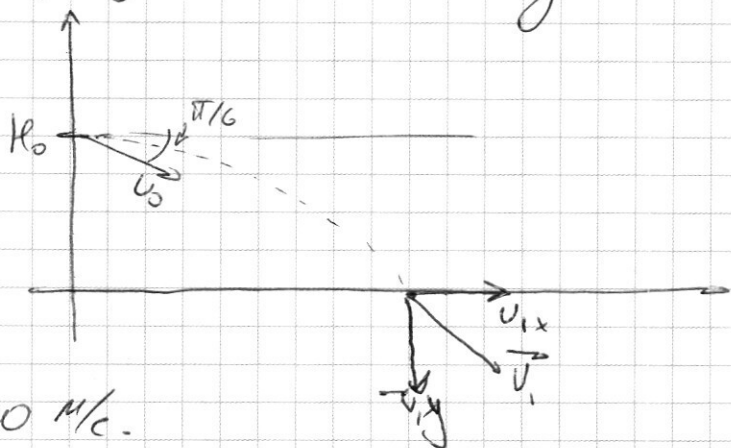
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

Дано: $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = -\frac{\pi}{6}$
 $V_1 = 2V_0$
1), 2), 3).

1) Найти V_{y1} - вертикальную компоненту скорости при падении.

рисунок:

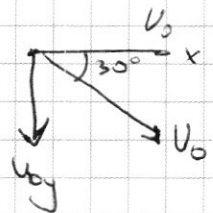


$$V_{1x}^2 + V_y^2 = V_1^2 \Rightarrow$$

$$V_{1x}^2 + V_y^2 = 4 \cdot 10^2 = 400 \text{ м/с}^2.$$

$V_{x1} = V_{0x}$ (горизонтальное ускорение равно нулю)

$$\Rightarrow V_{x1} = 10 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{3 \cdot 10}{2} = 5\sqrt{3}$$



$$\Rightarrow V_y^2 = 400 - (5\sqrt{3})^2 = 400 - 75 = 325$$

$$\Rightarrow V_y = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

2) Время полета - ?

из условия: $V_y(t) = -5 - 10t$
(по формуле $\vec{V}_t = \vec{V}_0 + \vec{g}t$)

т.е. при падении: $-5 - 10t = -5\sqrt{13}$ (используем V_y)

$$\Rightarrow 5 + 10t = 5\sqrt{13} \Rightarrow t = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{1}{2}(\sqrt{13} - 1) \text{ с.}$$

3) Найти H_0

$$|V_{0y}| = 5$$

$$H(t) = H_0 - V_0 t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow 0 = H_0 - 5 \cdot \frac{1}{2}(\sqrt{13}-1) - \frac{10}{2} \left(\frac{1}{2}(\sqrt{13}-1) \right)^2$$

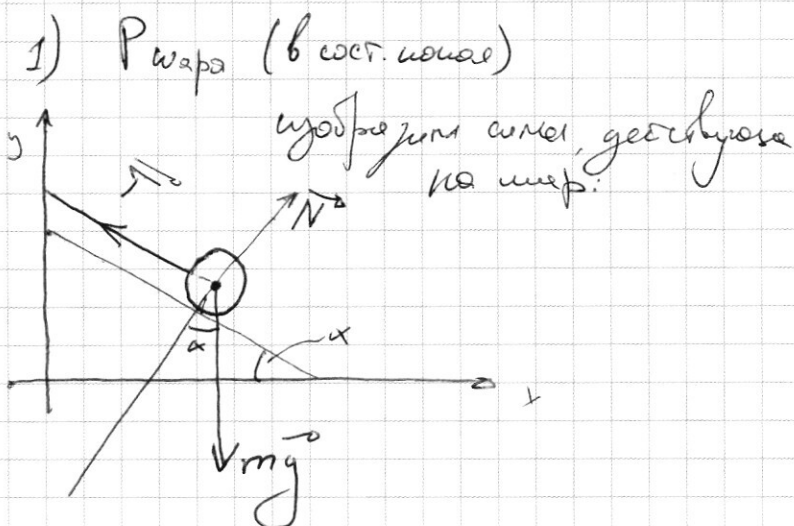
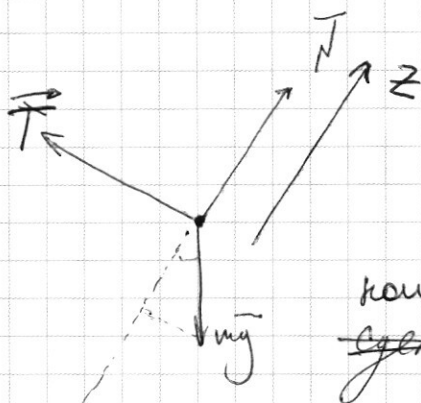
$$\Rightarrow H_0 = \frac{5}{2}(\sqrt{13}-1) + 5 \left(\frac{(\sqrt{13}-1)^2}{4} \right) = \frac{5}{2}(\sqrt{13}-1) + \frac{5}{2}(2-\sqrt{13})$$

$$= \frac{5}{2}(\sqrt{13}-1+2-\sqrt{13}) = 5 \cdot 3 = 15 \text{ м.}$$

- Ответ:
- 1) $5\sqrt{13}$ м/с.
 - 2) $\frac{\sqrt{13}-1}{2}$ с.
 - 3) 15 м.

Задача 3

Дано: 1) m, R, α, L
2) ω .
1), 2)



нашел
~~сделаем~~ проекцию сил на ось Z по
II Зн. Кинематике:

$$(\vec{N} + \vec{mg} \cdot \cos \alpha + \vec{0} = \vec{0}) \quad \text{состояние покоя}$$

$$N - \vec{mg} \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N = \vec{mg} \cdot \cos \alpha.$$