

Рег. №: Ф10-ЛЕ-0104

Класс участия: 10 класс

Место проведения: Санкт-Петербург
(ЛЭТИ)

Дата проведения: 23 февраля 2020 г.

Время начала (местное): 11:00



Олимпиада школьников по физике

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>Сандомирский</u>	<u>Мартин</u>	<u>Павлович</u>	<u>20.03.2003</u>	<u>16 лет</u>
Фамилия	Имя	Отчество	Дата рождения	Возраст
<u>Российская Федерация</u>	<u>г Санкт-Петербург</u>	<u>г Санкт-Петербург</u>		
Страна	Регион	Населенный пункт		
<u>Паспорт гражданина РФ</u>	<u>40 17</u>	<u>739843</u>	<u>10.04.2017</u>	<u>780-056</u>
Документ, удостоверяющий личность	Серия	Номер	Дата Выдачи	Код Подразделения
<u>Российская Федерация</u>	<u>г Санкт-Петербург</u>	<u>г Санкт-Петербург</u>		
Страна школы	Регион Школы	Населенный Пункт Школы		
<u>10 класс</u>	<u>ГБОУ "ПРЕЗИДЕНТСКИЙ ФМЛ № 239"</u>			
Класс обучения	Полное название образовательного учреждения			
<u>+7 960 286 94 25</u>	<u>martinson.sando@gmail.com</u>			
Мобильный телефон	E-mail			

Согласие на обработку персональных данных

Я согласен на сбор, хранение, использование, распространение (передачу) и публикацию своих персональных данных, а также олимпиадных работ, в том числе в сети "Интернет". Я согласен, что мои персональные данные будут ограничено доступны организаторам олимпиады для решения административных и иных рабочих задач. Я проинформирован, 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 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 диплома олимпиады в случае его получения. Я согласен 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.

«__» _____ г.

Подпись участника олимпиады

ФИО законного представителя

Степень родства

Подпись законного представителя

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

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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

- 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 $2,5V_0$.

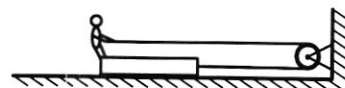
① Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

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?

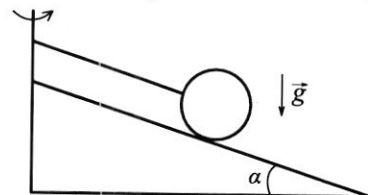
② С какой минимальной постоянной силой F_0 надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

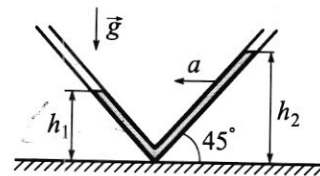


- ④ Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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 4

Черновик
 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{101936}{51}$
 $\frac{97}{47,47} = \frac{101936}{51}$

$$m_1 = \frac{m_0}{\gamma}$$

$$m_2 = m_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

Дано Решение

$$\alpha = 45^\circ$$

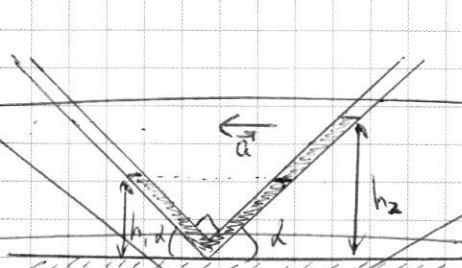
$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) $a = ?$

2) $V = ?$



Перейдем в
НКСО.

Тогда можно

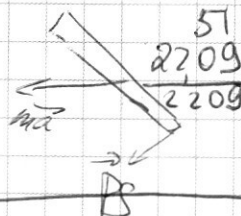
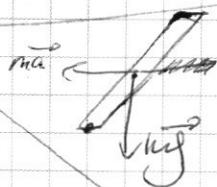
сказать, что на масло

действует сила инерции, направленная
противоположно ускорению и равная ma .

$$\cos \alpha \cdot P S = m a$$

$$S g (h_2 - h_1)$$

$$\cos \alpha S g (h_2 - h_1) = S g (h_2 - h_1) \cos \alpha$$



$$P S \cos \alpha = m a$$

$$h_2 \cos \alpha S g$$

$$S g h_1 \cos \alpha$$

$$h_1 \cos \alpha S g \cos \alpha = S g h_1 \cos \alpha$$

$$a = h_2 \cos \alpha = \frac{3 \sqrt{2}}{2} = \frac{3 \sqrt{2}}{2}$$

$$S h_1 S \cos \alpha (g + a) = S h_2 S \cos \alpha (g + a)$$

$$h_2 g - h_2 a = h_1 g + h_1 a$$

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = \frac{40}{20} = 2$$

~~Черновик~~

Черновик!

37
101936
713552
305808
3771632
3771632
3771632

37
101936
713552
305808
3771632
3771632
3771632

713552
305808
3771632

101936
713552
305808
3771632

37
101936
713552
305808
3771632

$$h_1 g \sin \alpha + g \sin \alpha h_2 = g \sin \alpha (h_1 + h_2)$$

$$\frac{h_1^2 + h_2^2}{2} = \frac{h_1^2 + h_2^2 + 2h_1h_2}{2}$$

$$(a+b)^2 - 2ab = a^2 + b^2 + 2ab - 2ab = a^2 + b^2$$

$$(a+b)^2 - 2ab = a^2 + b^2 + 2ab - 2ab = a^2 + b^2$$

$$W_p = g \sin \alpha (h_1 + h_2)$$

$$h_1 + h_2 = \text{const}$$

$$a + b = 20$$

$$a = 20 - b$$

$$400 + b^2 - 40b + b^2 = 2b^2 - 40b + 400$$

$$\frac{2b^2 - 40b + 400}{2} = b^2 - 20b + 200$$

$$F = \frac{mg}{2} = \frac{3mg}{2}$$

$$F = 2F$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

Дано Решение

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_{\text{пав}} = 2,5 V_0$$

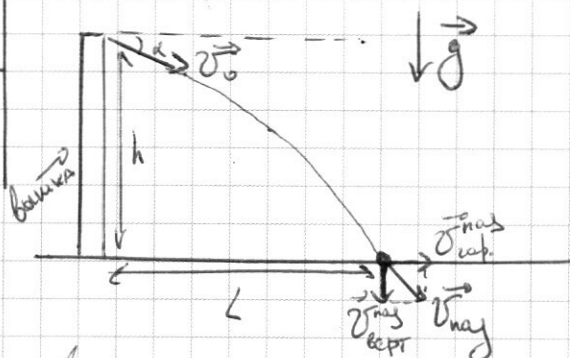
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) V_{\text{верт}} - ?$$

$$2) t_{\text{пол}} - ?$$

$$3) L - ?$$

Т.к. камень всё время приближался к горизонтальной пов-ти Земли, то его кинем. таким образом:



Камень движется с ускорением, направленным перпендикулярно горизонту $\Rightarrow$ его горизонт. проекция скорости не меняется $\Rightarrow V_{\text{гор}}^{\text{пав}} = V_0 \cos \alpha = V_{0x}$

$$1) V_{\text{пав}} = \sqrt{(V_{\text{верт}}^{\text{пав}})^2 + (V_{\text{гор}}^{\text{пав}})^2} \Rightarrow (\text{в.сн}) 2,5 V_0 = \sqrt{k^2 V_0^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{\text{верт}}^{\text{пав}} = k V_0$$

$$2,5 = \sqrt{k^2 + \frac{1}{4}} \quad | \cdot 6^2 \Rightarrow 6,25 = k^2 + 0,25 \Rightarrow k = \sqrt{6}$$

$$V_{\text{верт}}^{\text{пав}} = \sqrt{6} V_0 = 8\sqrt{6} \text{ м/с}$$

Для равноускоренного движения:

$$2) V_{0x} + g t_{\text{пол}} = V_{\text{верт}}^{\text{пав}} \Rightarrow V_0 \sin \alpha + g t = \sqrt{6} V_0$$

$$\text{В сн: } \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 + 10 t = \sqrt{6} V_0 \Rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{V_0 (\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{10} = \frac{2(2\sqrt{6} - \sqrt{3})}{5} \text{ с}$$

$$3) L = \underset{\text{const}}{\sigma_{ox}} \cdot t_{non} = \sigma_0 \cos \alpha \cdot t_{non} \stackrel{BCU}{=} \frac{1}{\rho} \cdot 8 \cdot \frac{2(2\sqrt{6}-\sqrt{3})}{5} = \frac{8(2\sqrt{6}-\sqrt{3})}{5} \text{ м}$$

- Ответ:
- 1) $8\sqrt{6} \text{ м/с}$
 - 2) $\frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{5} \text{ с}$
 - 3) $\frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{5} \text{ см}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

Дано | Решение

$$T_0 = 95^\circ\text{C}$$

$$P_0 = 85 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль}$$

изот. сжатие

$$S_1/S_0 = ?$$

$$V_1/V_0 = ?$$

$$\gamma$$

$$18 \text{ г/моль} = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$95^\circ\text{C} \text{ есть } 368 \text{ K}$$

$$1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$S_n = \frac{m}{V} = \frac{\rho \mu}{V} \stackrel{\text{из МК}}{=} \frac{\rho}{RT \mu} P \quad (1)$$

$$1) \frac{S_n}{S_0} = \frac{P \mu}{RT S} \stackrel{\text{всн}}{=} \frac{85000 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{85 \cdot 18}{8310 \cdot 368} = \frac{51}{184554} = \frac{51}{101936}$$

$$2) \text{ из (2) } \frac{V_0}{V_1} = \frac{V_1}{V_0} ; V_1 = \frac{V_0}{\gamma} \Rightarrow \frac{V_0}{V_1} = \gamma \Rightarrow \frac{m_0}{m_1} = \gamma$$

при этом, $m_0 - m_1 = m_b$, где

$$m_1 = \frac{m_0}{\gamma} ; m_b = m_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

m_1 - масса пара в рассматриваемый момент
 m_b - масса воды
 m_0 - начальная масса пара

V_1, V_0 - объем и кон-во пара, когда достигнута T_0, P_0 - начальные температура и давление пара

т.к. $T = \text{const}$ и пар является насыщенным на протяжении всего опыта то его $S = \text{const}$, значит, $P = \text{const}$ также $P = \text{const}(0)$ (из (1), см. ниже)

изот. сжатие происходит медленно $\Rightarrow$ считаем, что процессы квазистатические

Закон Бойля-Мариотта (БМ) (справедлив для насыщенного пара)

$$PV = \text{const} \quad (\text{из закона Менделеева-Клапейрона: } PV = \nu RT \quad \text{МК})$$

$$\frac{V}{V_0} = \text{const} \quad (2) \quad PV = \nu RT \quad \text{"const" "const"} \Rightarrow \frac{PV}{P} = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \text{const}$$

Продолжение задачи 5:

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{m_n \cdot S_0}{m_0 \cdot S_n} = \frac{m_0 \left(1 - \frac{1}{j}\right)}{j m_0} \cdot \frac{184.554}{51} =$$

$$= \frac{j-1}{j^2} \cdot \frac{184.554}{51} = \frac{3,7}{47,47} \cdot \frac{184.554}{51} = \frac{377163,2}{1126,59}$$

Ответ: 1) $\frac{51}{101936}$
 2) $\frac{377163,2}{1126,59}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

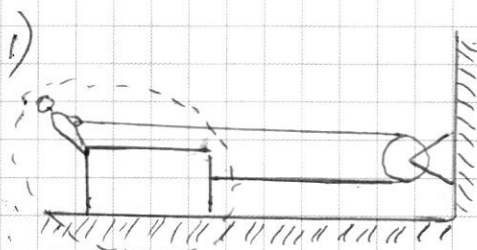
Дано Решение

$m, 5m, S$
 μ

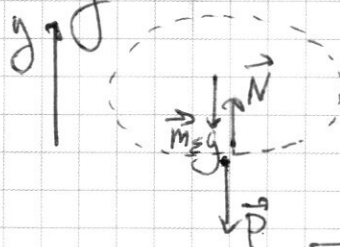
1) P - ?

2) F_0 - ?

3) σ - ?



Рассмотрим систему, состоящую из человека и ящика.



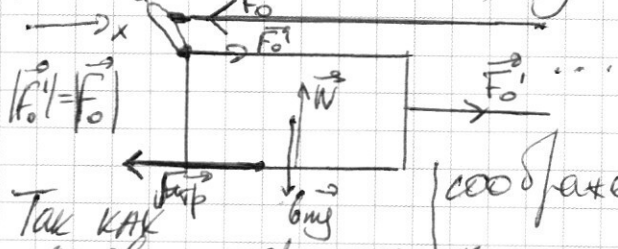
Вдоль вертикали на нее действуют две силы: N и mg .
Необходимо найти $|P|$

Известно, что по ПЗН: $|N| = |P|$

Запишем ПЗН: $mg = N$ (ускорение ноль, так как система совершает движение только по горизонтали)

$$mg = N = P = (m + 5m)g = 6mg$$

2) Расставим силы, действующие на ящик:



Пусть человек тянет с силой F_0 . Значит, из

Так как человек не движется относительно ящика, то он должен давать на ящик с силой F_0

соображений неразрывности, неразрывности, легкости каната и отсутствия трения в блоке со стороны каната на ящик действует такая же сила F_0

ПЗН_x газ ауықта:

$2F_0 - F_{\text{сп}} = 0$ (еген F мен ауамен шыншалыуу ауы, то ауык гвизается без ускорения)

$$2F_0 = F_{\text{сп}} = \mu N = \mu mg$$

$$F_0 = 3 \mu mg$$

3) Если человек толкает с силой $F > F_0$, то ауык и человек гвизает с ускорением. То есть, ПЗН_x:

$$2F - F_{\text{сп}} = m a$$

$$a = \frac{2F - 6 \mu mg}{m + 5 \mu m} = \frac{F - 3 \mu mg}{3 \mu m}$$

Для равноускоренного гвизения:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (v_0 = 0) \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$v = at \Rightarrow \sqrt{2aS} = v$$

$$v = \sqrt{\frac{(2F - 6 \mu mg)S}{3 \mu m}}$$

Ответ: 1) $6 \mu mg$

2) $3 \mu mg$

$$3) \sqrt{\frac{2(F - 3 \mu mg)S}{3 \mu m}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

Дано Решение

m, R, α, L
 ω
 1) $T_{\text{нок}} - ?$
 2) $T_{\text{брау}} - ?$

1) Распишем силы, действующие на шар
 Выберем оси, такие что:
 ОХ параллельна пов-ти клина
 ОУ $\perp$ ОХ
 Пов-ть гладкая
 $F_{\text{тр}}$ отсутствует

ИЗН: $m\vec{g} + \vec{T}_{\text{нок}} + \vec{N} = m\vec{a} = \vec{0}$ (покоится)

ИЗН_x: $mg \sin \alpha = T_{\text{нок}} \quad (1)$

ИЗН_y: $mg \cos \alpha = N \quad (2)$

из (1) $T_{\text{нок}} = mg \sin \alpha$

2)

При вращении шар приобретает ускорение, направленное к оси вращения и перпендикулярное ей.

ИЗН: $m\vec{g} + \vec{T}_{\text{брау}} + \vec{N} = m\vec{a}_y$

ИЗН_x: $mg \sin \alpha - T_{\text{брау}} = -ma_y \cos \alpha$

$T_{\text{брау}} = ma_y \cos \alpha - mg \sin \alpha =$
 $= m(\omega^2(R+L) \cos^2 \alpha - g \sin \alpha)$

Ответ: 1) $mg \sin \alpha$

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

Задача 4

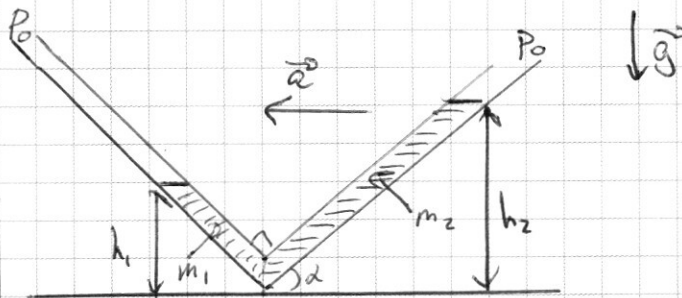
Дано Решение

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

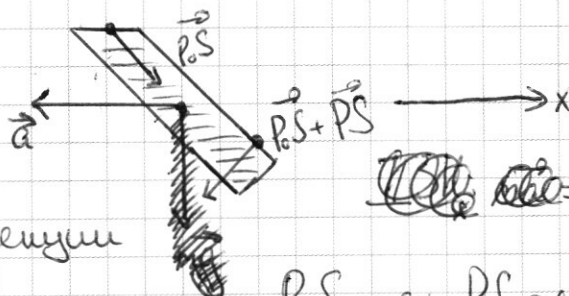
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



1) a - ?

2) v_{max} - ?

рассмотрим силы, действующие на
масло в левом колене трубки



ПЗН в формулу

$$\text{на ось } OX: m_1 a = P_0 S \cos \alpha + P S \cos \alpha - P_0 S \cos \alpha$$

$$m_1 a = P S \cos \alpha$$

$$P = \rho g h_2 \cos \alpha$$

$$m_1 = \rho V = \rho S h_1 \cos \alpha$$

$$\rho S h_1 \cos \alpha a = \rho g h_2 \cos \alpha \cdot \cos \alpha$$

Запишем ЗСЭ в

системе отсчета трубки (действ. сил
трения нет)

$$W_1 = m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2}$$

$$W_2 = \frac{(m_1 + m_2) v_{\text{max}}^2}{2} + W_{\text{пот}}$$

$$W_1 = W_2 \Rightarrow m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v_{\text{max}}^2}{2} + W_{\text{пот}} \quad (1)$$

Скорость будет максимальна, когда $W_{\text{пот}}$ будет минимально

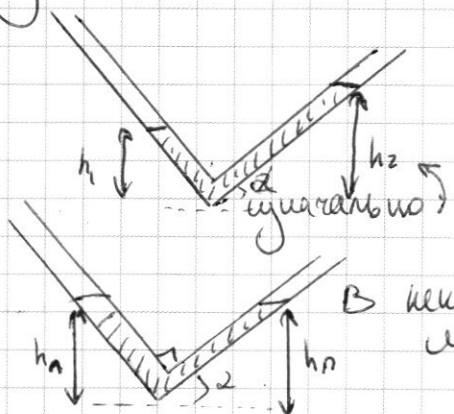
P_0 - внешнее давление
 P - давление, которое масло в правом колене оказывает на масло в левом колене

$$a = \frac{h_2 \cos \alpha}{h_1} g = \frac{30 \sqrt{2}}{4} \text{ м/с}^2 = \frac{15 \sqrt{2}}{2} \text{ м/с}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение Задачи 4

Найдем тот момент, когда $W_{\text{пот}}$ минимально.



Из соображений того, что
масло не выливается
из трубы:

$$h_1 + h_2 = \text{const} = h_0$$

$$\Rightarrow h_2 = h_0 - h_1$$

$$W_{\text{пот}} = mg \frac{h_1}{2} + mg \frac{h_2}{2} = \underbrace{\rho g S \cos \alpha}_{\text{const}} (h_1^2 + h_2^2)$$

Найдем минимум у $(h_1^2 + h_2^2)$, если $h_2 = h_0 - h_1$

$$h_0^2 + h_1^2 - 2h_0h_1 + h_1^2 = 2h_1^2 - 2h_0h_1 + h_0^2$$

График этой функции - парабола
вершина (минимум) в точке $\frac{-(-2h_0)}{2 \cdot 2} = \frac{h_0}{2} = \frac{h_1 + h_2}{2}$

Тогда у(1)

$$\rho g S \frac{\cos \alpha}{2} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{\rho g S \cos \alpha}{2} \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 + \frac{\rho g S \cos \alpha}{2} \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2$$

$$v_{\text{MAX}}^2 = g \frac{\cos \alpha}{2} (h_1^2 + h_2^2) - g \frac{\cos \alpha}{2} \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2$$

$$v_{\text{MAX}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{50}} \frac{h_1 + h_2}{2} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\frac{15\sqrt{2}}{2} \text{ м/с}^2$
2) $\sqrt{\frac{\sqrt{2}}{50}} \text{ м/с}$

