



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Рославцев Станислав Васильевич**

Класс: 11

Технический балл: **89**

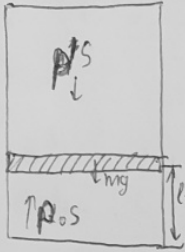
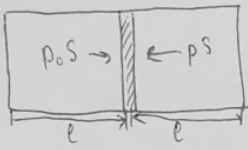
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9945972

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>12</i>	<i>10</i>	89
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	

Черновик 1

2.2.1



так как насыщенным паром пар нагрев до $t = 100^\circ\text{C}$, его давление при данной температуре равно $p_1 = 10^5 \text{ Па}$

Поскольку объемы насыщенного пара и сухого воздуха равны, то для равновесия системы давления тоже должны быть равны. $p = p_0$. Считая газ идеальным;

По 3-му Менделеева - Клапейрона:

$$p_0 S l = \frac{m_1 + m}{\mu_0} \cdot R(t + 273) \text{ для пара (1)}$$

где m_1 - масса пара,

m - масса воздуха

$$p_0 S l = \frac{m}{\mu} \cdot R(t + 273) \text{ для сухого воздуха (2)}$$

после поворота ~~пар~~ цилиндра часть количества водяного пара конденсируется, но давление не изменится

$$p_0 S (l - x) = \frac{m_1}{\mu} \cdot R(t + 273) \text{ для пара (3)}$$

$$p' S (l + x) = \frac{m}{\mu} \cdot R(t + 273) \text{ для сухого воздуха (4)}$$

$$p_0 S = p' S + mg \text{ условие равновесия по высоте (5)}$$

$$(5) \Rightarrow p' = p_0 - \frac{mg}{S} \quad (2) \Rightarrow m = \frac{p_0 S l \cdot \mu}{R(t + 273)}$$

$$(p_0 S - mg)(l + x) = p_0 S l$$

$$(p_0 S - mg)x = mg l \Rightarrow x = \frac{mg l}{p_0 S - mg}$$

$$l = \frac{V}{S} \Rightarrow x =$$

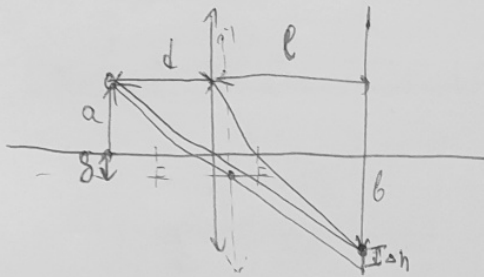
$$\frac{mg \cdot \frac{V}{S}}{p_0 S - mg} = \frac{5 \cdot 10 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-2}}}{10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10} =$$

$$= \frac{5}{10^3 - 5 \cdot 10} = \frac{5}{1000 - 50} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ м} = \frac{10^2}{190} = \frac{1}{19} \text{ см} \approx 0,05 \text{ см}$$

$$\begin{array}{r} 1,00 \\ - 95 \\ \hline 50 \end{array} \quad \begin{array}{r} 19 \\ \hline 0,05 \end{array}$$

Черновик 2

4.3.1



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \quad \cancel{\frac{b}{a} = \frac{l}{d}} \rightarrow b = \frac{al}{d}$$

$$\frac{b+sh}{a+\delta} = \frac{l}{d}$$

$$\frac{\frac{al}{d} + sh}{a+\delta} = \frac{l}{d}$$

$$\frac{sh}{l-\delta} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{al}{d} + sh = \frac{al}{d} + \delta \cdot \frac{l}{d}$$

$$\frac{\delta h + \delta}{l \cdot \delta} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{l \cdot \delta}{\delta h + \delta} = \frac{20 \cdot 0,5}{1 + 0,5} = \frac{20 \cdot 0,5}{1,5} = \frac{20 \cdot 0,5}{1,5}$$

$$\delta h = \delta \cdot \frac{l}{d} \Rightarrow d = \frac{l \cdot \delta}{\delta h}$$

~~200,5~~
15

$\frac{10}{1,5} \approx 6,7 \text{ см}$

$$\begin{array}{r} 200,5 \overline{) 15} \\ \underline{15} \\ 50 \\ \underline{45} \\ 55 \\ \underline{45} \\ 100 \\ \underline{90} \\ 10 \end{array}$$

1.3.1 - теория

Импульс материальной точки - векторная физ. величина равная произведению массы этой материальной точки и её скорости. Импульс системы мат. точек - сумма ~~векторов~~ всех импульсов мат. точек, входящих в систему.

~~Импульс силы - векторная физ. величина равная произв. силы на время действия этой силы.~~
Импульс силы ~~векторная физ. величина равная произв. силы на время действия этой силы.~~

З-н сохр. импульса - если импульс внешней сил равен нулю, то импульс этой мат. т-ки (или мат. т-к) сохраняется.

Импульс силы - изменение импульса мат. т-ки равно импульсу силы за ~~дант~~ ^{постоянный ~~за Δt~~} ~~дант~~

Импульс силы - векторная физ. величина равная произведению ~~этой~~ ^{силы} ~~время~~ ^{на время}

Внешние силы - силы взаим. точек системы телами, не вход. в сис.

урок

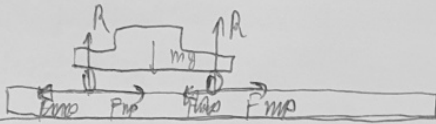
Черновик 3

1.3.1

1.3.1

$$m = \frac{M}{n}$$

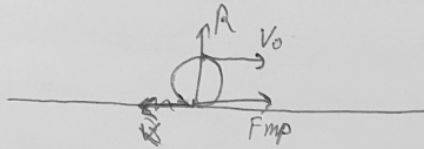
$$F_{mp} = \mu R, R = \frac{mg}{4} \text{ (II закон Ньютона)}$$



Условие проскальзывания: $v > u$

$$a = \frac{\mu R}{m} = \frac{\mu g}{4}$$

Автомобиль принимает скольжение когда $v = u$



a -
h

a +
n

~~$$v_0 = \mu g \cdot x$$~~

~~$$\frac{M}{4} \cdot v_0 \leq \mu \frac{Mg}{4} \cdot \frac{x}{\Delta t} \Rightarrow v_0 \leq \frac{\mu x}{\Delta t}$$~~

~~$$\Delta t = \frac{A}{v} = \frac{F_{mp} x}{v} = \frac{\frac{\mu M g}{4} \cdot x}{v} = \frac{\mu M g x}{4v}$$~~

~~$$v_0 = \frac{\mu M g x \cdot 4v}{M g x} = \frac{4v}{1}$$~~

$$a = \frac{\mu g}{4}$$

3-й закон Ньютона: $4 \cdot \frac{M}{3} \cdot v_0 = M u$

$$x = u \cdot \Delta t$$

$$v_0 =$$

$$v_0 = \frac{3}{4} u ?$$

2.2.1 Теория: Влажность делится на абсолютную и относительную. Абсолютная влажность (влажность) - плотность водяного пара, содержащегося в воздухе при данных условиях.

Относительная влажность - отношение парциального давления водяного пара p , содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре.

3.5.1 Теория: ^(электроёмкость) Ёмкость проводника - коэффициент пропорциональности между зарядом в этом проводнике и его потенциалом. $C = \frac{q}{\phi}$.

Ёмкость определяется свойствами проводника, а также среды.

Конденсатор - два изолированных проводника, заряженных равными по величине, но противоположными по знаку зарядами.

Плоский конденсатор - две параллельные пластины, разделённые диэлектриком.

Черновик 4

(по формул. с площадью)

Чернов

т.к. расстояние между пластинками обкладками конденсатора мало, можно считать, что практически все электрическое поле сосредоточено между обкладками и является однородным. Это поле равно сумме полей положительной и отрицательной обкладок.

Вместимость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, где S - площадь обкладок;

d - расстояние между ними

ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость среды.

$$\frac{a -}{h_2}$$

$$\frac{a + \epsilon}{h}$$

н. 4.3.1 - теория:

~~Линза~~ линза - прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями - Δx мм.

Фокус - точка, где собираются все лучи из пункта, направленного параллельно главной оптической оси линзы.

Если на линзу направить лучок света параллельно ее главной оптической оси, то после преломления все лучи из пункта сойдутся в некоторой точке на м. отт. оси - фокусе. лучи из пункта (параллельные лучи) сойдутся до фокуса - фокусное расстояние F , метр.

Тонкая линза - ~~линза~~ модель линзы, в которой толщиной прозрачной части по сравнению с радиусом кривизны ограничивающих ее поверхностей можно пренебречь. Поэтому, в тонкой линзе преломление от двух кривых поверхностей можно заменить на преломление в одной плоскости линзы.

(D)
Оптическая ось - величина обратная фокусу линзы D , диоптри.

$$t =$$

$$t =$$

Упробук. 6

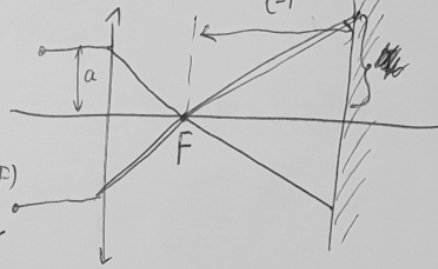
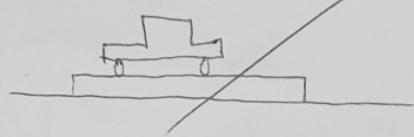
2.2.1

Упробук 5

1.3.1

1.3.1

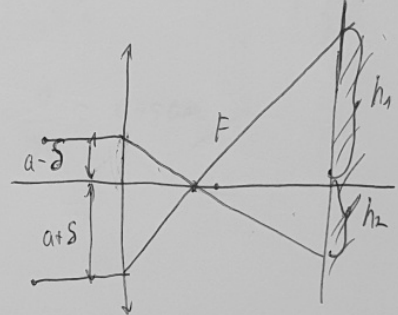
F
 v_1
 LP
 $0,1$
 Δx
 x_1
 $t=0$
 \downarrow
 $\Delta x = \pi l$
 $v = v(0)$
 $t = \tau_1$
 $h = g$



$$\frac{a-s}{h_2} = \frac{F}{l-F} \Rightarrow h_2 = \frac{(a-s)(l-F)}{F}$$

$$\frac{a+s}{h_1} = \frac{F}{l-F} \Rightarrow h_1 = \frac{(a+s)(l-F)}{F}$$

$$\Delta F = h_1 - \frac{h_1+h_2}{2} = \frac{h_1-h_2}{2} = \frac{(l-F)(a+s-a+s)}{2F} = \frac{2(l-F)}{F}$$



$$F(\Delta x + s) = \cancel{S} l \Rightarrow$$

$$\Delta x \cdot F = \cancel{S}(l-F)$$

$$\Rightarrow -8F + 8l = 2(l-F)$$

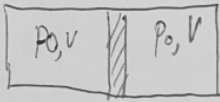
$$\Rightarrow F = \frac{S \cdot l}{\Delta x + s} = \frac{20 \cdot 95}{0,5 + 1} \approx 6,7 \text{ cm}$$

Упражнение 7

Упражнение 6

2.2.1

2.2.1



$$p_0 V = \nu \cdot A T \approx p_1 (V + \pi \cdot S)$$

$$p_0 S = p_1 S + mg \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 S - mg}{S}$$

$$p_0 V = \left(p_0 - \frac{mg}{S}\right) (V + \pi \cdot S)$$

$$p_0 V = p_0 V - \frac{mg}{S} \cdot V + \pi \cdot S \left(p_0 - \frac{mg}{S}\right) \Rightarrow \pi \cdot S \left(p_0 - \frac{mg}{S}\right) = \frac{mg}{S} \cdot V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \pi \cdot S = \left(\frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} - V\right) \cdot \frac{1}{S} = \left(\frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 - \frac{5 \cdot 10}{10^{-2}}} - 10^{-3}\right) \cdot \frac{1}{10^{-2}} =$$

$$= \left(\frac{10^2}{10^5 - 5 \cdot 10^3} - 10^{-3}\right) \cdot 10^2 = \left(\frac{1}{10^3 - 5} - 10^{-3}\right) \cdot 10^2 = \left(\frac{1}{950} - \frac{1}{1000}\right) \cdot 10^2 =$$

$$\approx \frac{100}{950} - \frac{1}{10} = \frac{100 - 95}{950} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \approx 0,00526$$

$$\pi_1 =$$

$$t=0;$$

$$\Downarrow$$

$$0 = \pi(0),$$

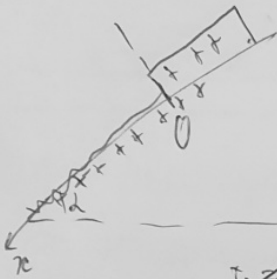
$$0 = v(0) =$$

$$t = \tau_1$$

$$t = \frac{g \cdot \tau_1}{\omega}$$

Проблем 8

2) $q \neq 0$



3.5.1

$$w_2^2 = \frac{\mu(mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q)}{L}$$

$$1 - \cos 2 = \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha - \cos 2$$

$$\mu = \tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$m \ddot{r} = mg \cdot \sin \alpha - \mu (mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q) \cdot \frac{r}{L}$$

$$r \ddot{\theta} + w_2^2 r - g \cdot \sin \alpha = 0$$

$$t = \tau_2; L = \frac{g \cdot \sin \alpha}{w_2^2} \cdot (1 - \cos w_2 \tau_2)$$

$$v_2 = \frac{g \cdot \sin \alpha}{w_2} \sin(w_2 \tau_2)$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{\sin(w_1 \tau_1)}{\sin(w_2 \tau_2)} = \sqrt{\frac{w_2^2}{w_1^2}} \cdot \frac{\sin(w_1 \tau_1)}{\sin(w_2 \tau_2)} = \frac{\sqrt{\mu(mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q)}}{\mu mg \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\sin(w_1 \tau_1)}{\sin(w_2 \tau_2)}$$

$$= \sqrt{\frac{mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q}{mg \cdot \cos \alpha}} \cdot \frac{\sin(w_1 \tau_1)}{\sin(w_2 \tau_2)}$$

$$\frac{g \cdot \sin \alpha}{w_1^2} (1 - \cos w_1 \tau_1) = \frac{g \cdot \sin \alpha}{w_2^2} (1 - \cos w_2 \tau_2)$$

$$\frac{w_2^2}{w_1^2} = \frac{1 - \cos(w_2 \tau_2)}{1 - \cos(w_1 \tau_1)} \Rightarrow \frac{\tau_2}{\tau_1} = ?$$

или Проблем 9,

$$m \ddot{r} = mg \cdot \sin \alpha - \mu (mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q) \cdot \frac{r}{L}$$

$$\ddot{r} = g \cdot \sin \alpha - \frac{\mu}{m} (mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q) \cdot \frac{r}{L}$$

$$w_2^2 = \frac{\mu}{m} (mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q) \cdot \frac{1}{L}$$

$$w_2^2 = (mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot q) \cdot \frac{1}{L}$$

$$L = \frac{g \cdot \sin \alpha}{w_2^2} (1 - \cos w_2 \tau_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin(w_2 \tau_2) = \sqrt{1 - (1 - \frac{w_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha})^2}$$

$$v_2 = \frac{g \cdot \sin \alpha}{w_2} \cdot \sqrt{1 - (1 - \frac{w_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha})^2}$$

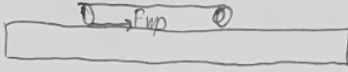
Упражнение 9

1.3.1

$F_{\text{тр}} = \mu mg$; $a = \mu g \Rightarrow v_{ab} = \mu g t$

то 3-ий corp. движ. т. $v_{abm} = \mu Vg \Rightarrow Vg = -\frac{v_{abm}}{n}$

$0 = m \cdot v_{abm} + n \cdot m_g \cdot Vg$ ~~$a_{abm} = -n \cdot a_g \Rightarrow a_g = -\frac{a_{abm}}{n}$~~



$N = F (|v_{abm}| + |Vg|) = m_{ab} \mu g (v_{abm} + \frac{v_{ab}}{n}) = \frac{n+1}{n} \cdot v_{ab} \cdot m_{ab} \cdot \mu g$

Кем произвольными в т.к.м.

$t_{\text{кр}} = \frac{N}{\mu^2 g^2 m v_{abm}} \cdot \frac{n}{n+1}$; $\tau = \frac{\mu g \cdot t_{\text{кр}}^2}{2} \cdot \frac{n+1}{n} = \frac{\mu t_{\text{кр}}^2}{2} (\mu g + \frac{\mu g}{n}) =$

~~$= \frac{\mu g t_{\text{кр}}^2}{2} \cdot \frac{(n+1)}{n} = \frac{\mu g \mu^2 g^2 m v_{abm}}{2} \cdot \frac{(n+1)}{n} = \frac{N^2 \cdot n}{2 \mu^2 g^2 m^2 v_{abm} (n+1)}$~~
 ~~$= \frac{\mu g t^2 \cdot \frac{(n+1)}{n}}{2 \mu^2 g^2 m^2 v_{abm} (n+1)} = \frac{\mu g t^2 \cdot (n+1)}{2 n}$~~

~~$m \cdot \mu g t = \mu g t \cdot \mu g$~~

$t_{\text{кр}} = \frac{N}{\mu^2 g^2 m} \cdot \frac{n}{n+1}$; $\tau = \frac{\mu g t_{\text{кр}}^2}{2} \cdot \frac{n+1}{n} = \frac{N^2 n}{2(n+1) \mu^2 g^3} \approx 0.6 \mu$

3.5.1.

$m \ddot{r} = mg \cdot \sin \alpha - \mu m \frac{v}{L} \cdot g \cdot \cos \alpha \Rightarrow \ddot{r} + \frac{\mu}{L} v \dot{r} - g \cdot \sin \alpha = 0$

$\omega_1^2 = \frac{\mu \cos \alpha}{L}$

$L = \frac{g \cdot \sin \alpha}{\omega_1^2} (1 - \cos \omega_1 \tau_1)$

$1 - \cos \omega_1 \tau_1 = \frac{\omega_1^2 L}{g \cdot \sin \alpha} \Rightarrow \sin(\omega_1 \tau_1) = \sqrt{1 - (1 - \frac{\omega_1^2 L}{g \sin \alpha})^2}$

$v_1 = \frac{g \cdot \sin \alpha}{\omega_1} \sqrt{1 - (1 - \frac{\omega_1^2 L}{g \sin \alpha})^2}$

Условие 10

2.2.1

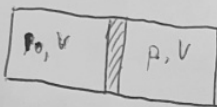
Теория: Влажность воздуха на абсолютную и относительную
 Абсолютная влажность - плотность водяных паров, содержащихся в
 воздухе при данных условиях.

Относительная влажность - отношение парциального давления водяного пара
 p , содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного
 водяного пара при той же температуре.

Дано:

$$V = 10^{-3} \text{ м}^3; t = 100^\circ \text{C} \Rightarrow T = 373 \text{ K}$$

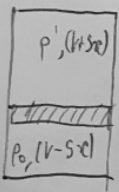
$$S = 10^{-2} \text{ м}^2; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

Найти: x ?

Пар воды насыщен, то его давление при $t = 100^\circ \text{C}$
 равно $p_0 = 10^5 \text{ Па}$

Оба газа считать идеальными, трения между поршнем и стенками
 сосуда пренебрегаем. Запишем 3-е Менделеева-Клапейрона:

$$p_0 k = \nu R T \quad \text{для пара} \quad p_0 S l = \frac{m_B}{M_B} \cdot R T \quad \text{для сухого воздуха}$$



После поворота цилиндра часть насыщенного пара конденсируется,
 но давление не изменяется.

$$\begin{cases} p' S (l+x) = \frac{m_B}{M_B} \cdot R T & (1) \text{ для сухого воздуха} \\ p_0 S = p' S + m_B g & (2) \text{ условие равновесия системы} \end{cases}$$

$$(2) \Rightarrow p' = p_0 - \frac{m_B g}{S}; \quad (1) \Rightarrow m_B = \frac{p_0 S l \cdot M_B}{R T}$$

Подставим в уравнение (2):

$$(p_0 S - m_B g) (l+x) = p_0 S l \Rightarrow x = \frac{m_B g l}{p_0 S - m_B g}, \quad l = \frac{V}{S} \Rightarrow x = \frac{m_B g V}{p_0 S^2 - m_B g S} \approx 9,05 \text{ м} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Ответ: $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$,

Чистовик 12.

121

ч.3.1

Где Чистовик 11

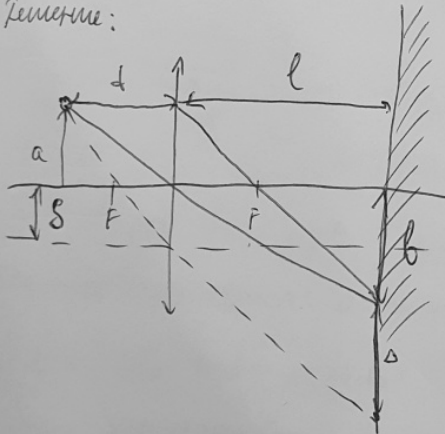
или Теория:

Линза - прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Плоская линза - модель линзы, в которой одной прозрачной частью по сравнению с радиусом кривизны противоположной ее поверхности можно пренебречь. Фактически, в тонкой линзе преломление от двух кривых поверхностей можно заменить на одно преломление в одной плоскости линзы.

Если на линзу направить пучок света параллельно ее главной оптической оси, то после преломления все лучи (или продолжения лучей) сойдутся в некоторой точке на главной оси - фокусе. Расстояние от фокуса до центра линзы называется фокусным расстоянием. Измеряется в сантиметрах.

Оптическая сила - величина обратная фокусному расстоянию. Измеряется в диоптриях.

Решение:

Дано: $l = 20 \text{ см}$; $\delta = 0,5 \text{ см}$; $0 \neq 1 \text{ см}$ Найти: $F = ?$

Решение:

$$\begin{cases} \frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \\ \frac{b}{a} = \frac{l}{d} \Rightarrow b = \frac{al}{d} \\ \frac{b + \Delta h}{a + \delta} = \frac{l}{d} \Rightarrow \frac{al + \Delta h}{a + \delta} = \frac{l}{d} \Rightarrow \end{cases}$$

 $F_{\text{оп}} = M$

по формуле

 $M = F l$

формулы

 $t_{\text{пр}} =$

$$\Rightarrow \Delta h = \delta \cdot \frac{l}{d} \Rightarrow d = \frac{l \cdot \delta}{\Delta h}$$

$$\frac{\Delta h}{l \cdot \delta} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{\Delta h + \delta}{l \cdot \delta} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{l \cdot \delta}{\Delta h + \delta} = \frac{20 \cdot 0,5}{1 + 0,5} \approx 6,7 \text{ см}$$

Ответ

Ответ: 6,7 см

Чистовик.12

1.3.1.

Теория:

Импульс материальной точки - векторная физическая величина, равная произведению массы этой точки и её скорости

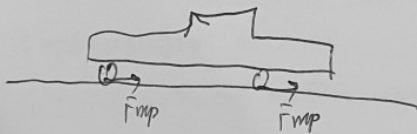
Импульс системы мат. точек - векторная сумма всех импульсов мат. точек, входящих в систему.

Внешние силы - силы взаимодействия точек системы с телами, не входящими в систему.

Импульс силы - векторная физическая величина, равная произведению вектора силы на время её действия Δt .

Закон сохранения импульса - если импульс внешних сил, действующих на материальную точку (или систему мат. точек) равен нулю, то импульс этой материальной точки (системы мат. точек) сохраняется

Решение:

Дано: $M=12\text{ т}$; $N=2\text{ Вм}$; $n=3$; $\mu=0,3$;

$$g=10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти: x ?

Решение:

$$F_{mp} = M \mu g ; a = \mu g \Rightarrow v_{abm} = \mu g t ; |v_{abm}| = n |v_g| = n |v_g| = \frac{|v_{abm}|}{n}$$

$$\text{По закону сохранения импульса: } 0 = m \cdot v_{abm} + n \cdot m \cdot v_g$$

$$N = F (|v_{abm}| + |v_g|) = m a t m \cdot \mu g (v_{abm} + \frac{v_{abm}}{n}) = \frac{n+1}{n} \cdot v_{abm} \cdot m a t m \cdot \mu g = \mu g n a v_{abm} \frac{n+1}{n}$$

Если $t = t_{кр}$. прекращается движение не будем.

$$t_{кр} = \frac{N}{\mu^2 g^2 n} \cdot \frac{n}{n+1} ; x = \frac{\mu g t_{кр}^2}{2} \cdot \frac{n+1}{n} = \frac{N^2 n}{2(n+1) m^2 \mu^2 g^2} \approx 0,6 \text{ м}$$

Ответ: 0,6 м

Условие 13

3,5.1

Теория:

Диэлектрическая емкость - коэффициент пропорциональности между зарядом в проводнике и его потенциалом $C = \frac{q}{\varphi}$. Емкость определяется свойствами проводника, а также среды.

Конденсатор - два замкнутых проводника, заряженных равными по величине, но противоположными по знаку зарядами

Плоский конденсатор - две параллельные пластины, разделенные диэлектриком.

Поскольку расстояние между пластинами (обкладками) конденсатора мало по сравнению с площадью этих обкладок, можно считать, что электрические поля сосредоточены между обкладками и является однородным. Это поле равно сумме полей положительной и отрицательной обкладок.

Емкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$. S - площадь обкладок
 d - расстояние между ними
 ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость среды

Решение:

1) $q = 0$

Дано: $m = 0,1 \text{ кг}$; $\alpha = 30^\circ$; $\sigma = +3 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$; $q = +3 \text{ мкКл}$

$$\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти: $\frac{v_2}{v_1}$ - ?

Решение:

$$m = \rho g L; m \dot{x} = m g \sin \alpha - \mu m g \frac{x}{L} \cos \alpha \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{m g \cos \alpha}{L} \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{m g \cos \alpha}{L}}$$

$$L = \frac{g \sin \alpha}{\omega_1^2} (1 - \cos \omega_1 t_1); 1 - \cos \omega_1 t_1 = \frac{\omega_1^2 L}{g \sin \alpha} \Rightarrow \sin(\omega_1 t_1) = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\omega_1^2 L}{g \sin \alpha}\right)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{g \sin \alpha}{\omega_1} \sqrt{1 - \frac{\omega_1^2 L}{g \sin \alpha}}$$

(Все движение подчиняется гармоническому закону).

Учебник 14

3.5.1 (пропараметры)

2) $q \neq 0$ 

$$m \ddot{x} = mg \cdot \sin \alpha - \mu \left(mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} q \right) \frac{x}{L}$$

$$\omega_2^2 = \frac{\left(\mu g \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2 \epsilon_0 m} q \right)}{L} \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{\left(\mu g \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2 \epsilon_0 m} q \right)}{L}}$$

$$L = \frac{g \cdot \sin \alpha}{\omega_2^2} (1 - \cos \omega_2 \tau_2) \Rightarrow \sin(\omega_2 \tau_2) = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\omega_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2} \Rightarrow$$

(Все величины положительны при выборе начальных условий) $\Rightarrow \tau_2 = \frac{g \cdot \sin \alpha}{\omega_2} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\omega_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\omega_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}}{\omega_1 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\omega_2^2 L}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \sqrt{\frac{1 - \left(1 - \frac{\mu g \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2 \epsilon_0 m} q}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}{1 - \left(1 - \mu g \cdot \cos \alpha\right)^2}}$$

$$= \frac{\omega_2}{\omega_1} \sqrt{\frac{1 - \left(1 - \frac{\mu g \cdot \cos \alpha}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}{1 - \left(1 - \frac{\mu g \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma}{2 \epsilon_0 m} q}{g \cdot \sin \alpha}\right)^2}}$$