

98-45-17-55
(179.1)



Олимпиада ПБГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 07

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы горы»

по физике (11 класс)

Раицова Бориса Владимировича

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

«22» марта 2016 года

Подпись участника

Б. Раицова

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 07 (10-11 классы)

98-45-17-55
(179.1)

✓ **Задание 1:**

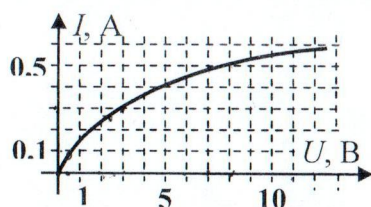
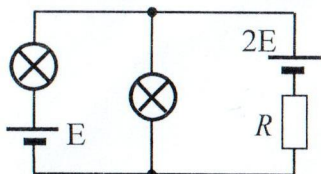
- ✓ **Вопрос:** Как связаны между собой амплитуда ускорения, амплитуда скорости и амплитуда смещения при гармонических колебаниях? Ответ обосновать.
- ✓ **Задача:** Длинный железнодорожный состав движется по инерции со скоростью $v_0 = 6$ м/с по горизонтальным рельсам, а затем въезжает на горку с постоянным углом наклона $\alpha = 4^\circ$ к горизонту. Состав полностью остановился за время $T = 30$ с, не доехав до конца склона. Какая часть состава к моменту остановки оказалась на склоне горки? Трением качения и длиной переходного участка при въезде на горку пренебречь. Ускорение свободного падения считать равным $g \approx 10$ м/с². Распределение массы по длине состава считать равномерным.

✓ **Задание 2:**

- ✓ **Вопрос:** Водяной пар, начальное давление которого равнялось 0,5 атм. при температуре 100°C , изотермически сжали, уменьшив его объем в три раза. Каким стало его давление? Ответ обосновать.
- ✓ **Задача:** В гладком горизонтальном цилиндрическом сосуде между его вертикальной стенкой и подвижным вертикальным поршнем находится $m = 88$ г смеси азота и воды при температуре $t_0 = 100^\circ\text{C}$. Наружное давление равно нормальному атмосферному $p_0 \approx 101$ кПа, и смесь занимает объем $V_0 \approx 107,4$ л. Смесь медленно охладили до температуры $t_1 = 80^\circ\text{C}$, а затем поршень закрепили и продолжили медленное охлаждение. Сколько грамм жидкой воды будет находиться в сосуде при температуре $t_2 = 60^\circ\text{C}$? Давление насыщенного водяного пара при этой температуре $p_H(t_2) \approx 20$ кПа. Универсальная газовая постоянная $R \approx 8,31$ Дж/(моль·К).

✓ **Задание 3:**

- ✓ **Вопрос:** Почему у ламп накаливания связь протекающего через их спираль тока с напряжением, как правило, не соответствует закону Ома (не является линейной)?
- ✓ **Задача:** В схеме, показанной на рисунке слева, одинаковые лампы являются нелинейными элементами – их вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. Сопротивление резистора $R = 28$ Ом, а $E = 6$ В. Найти суммарную мощность, потребляемую обеими лампами.



элементами – их вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. Сопротивление резистора $R = 28$ Ом, а $E = 6$ В. Найти суммарную мощность, потребляемую обеими лампами.

✓ **Задание 4:**

- ✓ **Вопрос:** В каком случае оптическую силу системы из двух тонких линз с общей осью с хорошей точностью можно считать равной сумме оптических сил этих линз? Ответ объяснить.
- ✓ **Задача:** Две тонкие линзы расположены на общей оптической оси на расстоянии L друг от друга. На той же оси на таком же расстоянии L от ближайшей из них расположен точечный источник света, лучи от которого последовательно проходят через обе линзы. Если ближе к источнику размещена линза с большей оптической силой, то изображение источника находится на расстоянии $2L$ за дальней линзой. Если, не перемещая источник, переставить линзы, то изображение будет находиться на расстоянии $3L/2$ за дальней линзой. Найти фокусные расстояния обеих линз.

Чистовик

Задача №1.

Вопрос: Уравнение гармонических колебаний:
 $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ - незатухающих.

Решение: $x(t) = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$, где

ω - циклическая частота

φ_0 - начальная фаза

x_0 - амплитуда смещения

$v(t) = (x(t))' = x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$

где $v_0 = x_0 \omega$ - амплитуда скорости

$a(t) = (v(t))' = x_0 \omega^2 (-\sin(\omega t + \varphi_0)) = x_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0 + \pi)$

где $a_0 = x_0 \omega^2$ - амплитуда ускорения

$(v(t) = (x(t))' \text{ т.к. } v(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{dx}{dt} = x' - \text{мгнов-я скорость}$
 $a(t) = (v(t))' \text{ т.к. } a(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{dv}{dt} = v' - \text{мгнов-е ускорение})$

т.е. связь: $v_0 = \omega x_0$; $a_0 = \omega^2 x_0$; $a_0 = \omega v_0$
 амплитуда

Задача:

Дано:

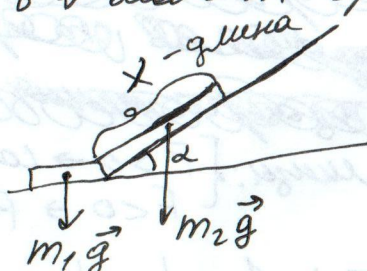
$\alpha = 4^\circ$

$T = 30 \text{ (с)}$

$g = 10 \text{ (м/с}^2\text{)}$

Найти:
 k - ?

Решение: l - длина всего состава
 в t момент времени: по IIЗ. Ньютона



$ma = -m_2 g \sin \alpha$

$ma = -\frac{x}{l} m g \sin \alpha$

$\ddot{x} + \frac{g \sin \alpha}{l} x = 0$
 ур-е колебаний

т.е. отрезок времени от 0 до T
 можно считать гармоническим
 колебанием (его частью). При этом
 за время T прошла $\frac{1}{4}$ всего колебания
 (тело остановилось)



98-45-17-55
 (179.1)

(Трап. В. В. А.)

(Людмила А. Ф.)

Σ				
4	4	5	4	5
3	5	7	20	19
2	5	19	7	20
1	5	20	19	7

Высота: 85 cm

то есть $4T$ -период колебания ^{чистовик}

$$\Rightarrow 4T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \sin \alpha}}$$

$$l = \frac{4T^2 g \sin \alpha}{\pi^2} \text{ — длина всего поезда}$$

v_0 — это амплитуда скорости, т.е.

$$v_0 = A_0 \omega$$

$$A_0 = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0 \cdot 4T}{2\pi} \stackrel{\text{т.ч. } 4T = \frac{2\pi}{\omega}}{=} \frac{2v_0 T}{\pi}$$

$$\Rightarrow k = \frac{A_0}{l} = \frac{2v_0 T \pi^2}{\pi \cdot 4T^2 g \sin \alpha} = \frac{v_0 \pi}{2gT \sin \alpha} \quad \leftarrow \text{заехал на горку}$$

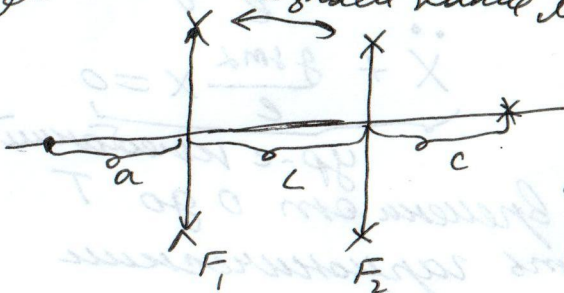
$$= \frac{v_0 \pi}{2gT \sin \alpha} \quad \text{но } \alpha = 4^\circ \ll \pi \Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha = \frac{4^\circ}{180^\circ} \pi$$

$$\Rightarrow k = \frac{6 \cdot \pi \cdot 180^\circ}{2 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 4^\circ \pi} = \frac{6 \cdot 180}{600 \cdot 4} = \frac{18}{40} = 0,45$$

Ответ: $\frac{v_0 \pi}{2gT \sin \alpha} = 0,45$

Задача №4

Вопрос: ~~Вопрос: какие силы действуют между линзами? Какое направление движения? Как рассчитать расстояние между линзами? Как рассчитать расстояние между линзами? Как рассчитать расстояние между линзами?~~
 не знаем какие линзы: $\begin{cases} F > 0 \rightarrow \text{собирающаяся} \\ F < 0 \rightarrow \text{рассеивающаяся} \end{cases}$



$$\begin{cases} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_1} \\ \frac{1}{L-b} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F_2} \end{cases}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{c} + \frac{1}{b} + \frac{1}{L-b} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$$

должно быть мало

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{L-b} = \frac{L}{(L-b)b}$$

то есть мы можем считать ^{чистовик} что $\frac{1}{F_{\text{first}}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$ если $\frac{L}{(L-b)}$ мало

то есть если $L \ll b$ - расстояние между линзами мало по сравнению с расстоянием от 1-й линзы до образующая предмета в ней.

Задача

Дано:

$L \rightarrow 2L$

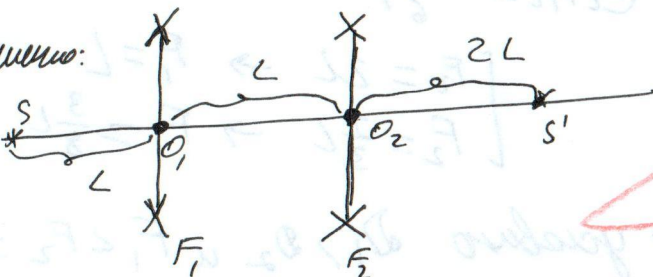
$L \rightarrow \frac{3L}{2}$

Найти:

$F_1 - ?$

$F_2 - ?$

Решено:



$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{L} + \frac{1}{b_1} &= \frac{1}{F_1} \\ \frac{1}{L-b_1} + \frac{1}{2L} &= \frac{1}{F_2} \end{aligned} \right. \quad \left. \begin{aligned} b_1 - \text{расстояние до изображения в 1-й линзе} \\ b_1 &= \frac{F_1 L}{L-F_1} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{1}{L - \frac{F_1 L}{L-F_1}} + \frac{1}{2L} = \frac{L-F_1}{L^2 - 2LF_1} + \frac{1}{2L} = \frac{2L - 2F_1 + L - 2F_1}{2L(L-2F_1)} = \frac{3L - 4F_1}{2L(L-2F_1)}$$

т.е. $F_2 = \frac{2L(L-2F_1)}{3L-4F_1}$

во 2-й раз

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{L} + \frac{1}{b_2} &= \frac{1}{F_2} \\ \frac{1}{L-b_2} + \frac{2}{3L} &= \frac{1}{F_1} \end{aligned} \right. \quad \left. \begin{aligned} b_2 &= \frac{F_2 L}{L-F_2} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{1}{L-b_2} + \frac{2}{3L} = \frac{1}{L - \frac{F_2 L}{L-F_2}} + \frac{2}{3L} = \frac{L-F_2}{L^2 - 2F_2 L} + \frac{2}{3L} =$$

$$= \frac{3L - 3F_2 + 2L - 4F_2}{3L(L-2F_2)} = \frac{5L - 7F_2}{3L(L-2F_2)} \quad \text{т.е. } F_1 = \frac{3L(L-2F_2)}{5L-7F_2}$$

$$F_2 = \frac{2L(L-2F_1)}{3L-4F_1} = \frac{2L(L - \frac{6L(L-2F_2)}{5L-7F_2})}{3L - \frac{12L(L-2F_2)}{5L-7F_2}} = \frac{2L(5L-7F_2 - 6L + 12F_2)}{15L - 7F_2 - 12L + 24F_2} = \frac{2L(5F_2 - L)}{3L + 3F_2} = F_2$$

Чистовик

$$3LF_2 + 3F_2^2 = 10LF_2 - 2L^2$$

$$3F_2^2 + 3LF_2 - 2L^2 = 0$$

$$3F_2^2 - 7LF_2 + 2L^2 = 0$$

$$D = 49L^2 - 24L^2 = 25L^2$$

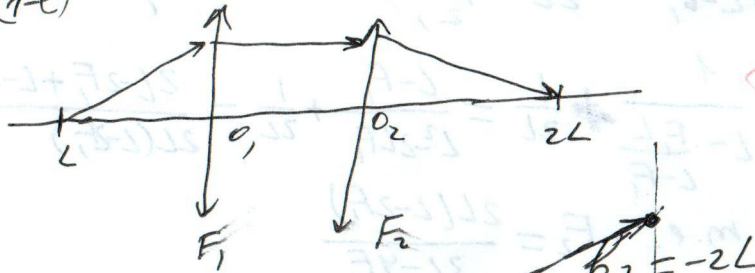
$$(F_2)_{1,2} = \frac{7L \pm 5L}{6}$$

$$\begin{cases} F_2 = 2L \rightarrow F_1 = L \\ F_2 = \frac{1}{3}L \rightarrow F_1 = \frac{3}{8}L \end{cases}$$

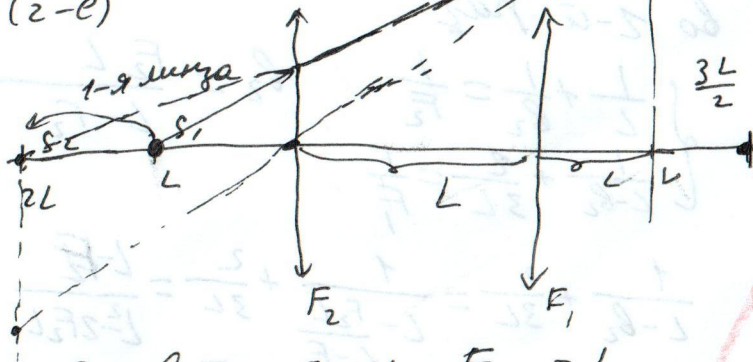
По условию $D_1 > D_2$ и $F_1 < F_2 \Rightarrow$ случай не подходит

то есть $F_1 = L; F_2 = 2L$

(1-e)



(2-e)



Ответ: $F_1 = L; F_2 = 2L$

Чистовик
Задача №2

Вопрос: Давление насыщенного пара при 100°C равно $P_{\text{атм}} = 10^5 \text{ (Па)}$. Если бы газ не конденсировался, то $P_1 V_1 = P_2 \cdot \frac{V_1}{3}$

$$P_2 = 3P_1 = 1,5 \text{ (атм)}$$

Но P_2 может быть $>$ ~~давление~~ ~~на~~ ~~насыщенного~~ ~~пара~~ при 100°C (1 атм) \Rightarrow
Его давление станет равно атмосферному ($1 \text{ атм} \approx 10^5 \text{ (Па)}$)

Задача:

Дано:
 $m = 88 \text{ (г)}$
 $P_0 \approx 101 \text{ (кПа)}$
 $V_0 = 107,4 \text{ (л)}$
 $t_0 = 100^\circ\text{C}$
 $t_1 = 80^\circ\text{C}$
 $t_2 = 60^\circ\text{C}$
 $P_H(t_2) = 20 \text{ (кПа)}$
 $R = 8,31 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right)$

Найти:

$m_m - ?$

Решение:

изначально $P_{\text{насыщ}} = P_{\text{атм}}$ при 100°C
и поэтому вся вода испарена
 m_m - масса азота \Rightarrow

$$\left(\frac{m_m}{\mu_N} + \frac{m - m_m}{\mu_{H_2O}} \right) R T_0 = P_0 V_0 \quad \checkmark$$

$$m_m (\mu_{H_2O} - \mu_N) = \frac{P_0 V_0 \mu_N \mu_{H_2O}}{R T_0} - m \mu_N$$

$$m_m = \frac{\frac{P_0 V_0 \mu_N \mu_{H_2O}}{R T_0} - m \mu_N}{\mu_{H_2O} - \mu_N}$$

масса азота.

При охлаждении до t_1 газ не конденсировался (парень подвижный)

$$\text{и } \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_0 V_1}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{T_1}{T_0} V_0 \quad \checkmark$$

После закрепления поршня и охлаждения до t_2 ~~все~~ вода в воздухе m_2 :

$$\frac{m_2}{\mu_{H_2O}} R T_2 = P_H V_1$$

Чистовик

$$m_2 = \frac{p_{H_2} V_1 \mu_{H_2}}{R T_2} = \frac{p_{H_2} V_0 T_1 \mu_{H_2}}{R T_2 T_0}$$

$$\Rightarrow m_m = m - m_n - m_2 =$$

$$= \frac{m \mu_{H_2O} - \frac{p_0 V_0 \mu_n \mu_{H_2O}}{R T_0} - \frac{p_{H_2} V_0 T_1 \mu_{H_2}}{R T_2 T_0}}{\mu_{H_2O} - \mu_n}$$

$$= \frac{0,088 \cdot 18 - \frac{10^5 / 10^4 \cdot 4 \cdot 0,028 \cdot 18}{8,31 \cdot 373} - \frac{2 \cdot 10^4 / 10^8 \cdot 253 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 333 \cdot 373}}{18 - 28}$$

$$= \frac{10^4 / 10^8 \cdot 0,028 \cdot 18}{8,31 \cdot 373} - 0,162 - \frac{2 \cdot 10^4 / 10^8 \cdot 253 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 333 \cdot 373} =$$

$$= \frac{10 \cdot (10^8 \cdot 0,028 \cdot 333)}{8,31 \cdot 373 \cdot 333}$$

$$= \frac{10 (0,108 \cdot 28 \cdot 18 \cdot 333 - 2 \cdot 16 \cdot 253 \cdot 18)}{8,31 \cdot 333 \cdot 373} - 0,162 =$$

$$\approx \frac{17 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 333 \cdot 373} - 0,162 = 0,20 - 0,162 \approx 0,038 \text{ (кг)}$$

$$m_e \approx 38 \text{ (г)}$$

Ответ:
$$\frac{m \mu_{H_2O} - \frac{p_0 V_0 \mu_n \mu_{H_2O}}{R T_0} - \frac{p_{H_2} V_0 T_1 \mu_{H_2}}{R T_2 T_0}}{\mu_{H_2O} - \mu_n} \approx$$

$$\approx 38 \text{ (г)}$$

Чистовик
ошибка

Чистовик
Задача №3

Вопрос, зависимость не является линейной, потому что:
температура может изменяться в очень широком диапазоне, а сопротивление элементов изменяется вместе с температурой

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R(T)}$$

Задача

Дано:

$$E = 6 \text{ (В)}$$

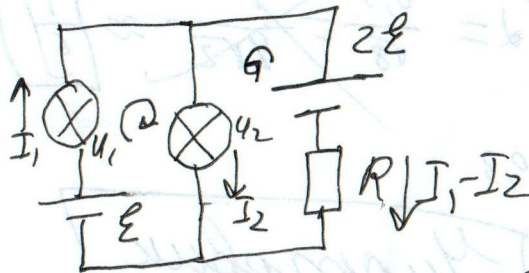
$$R = 28 \text{ (Ом)}$$

график

Найти:

Робин-?

Решение:



по II пр. Кирхгофа:

$$E = U_1 + U_2$$

$$2E = (I_1 - I_2)R - U_2$$

Пусть зависимость $I(U) = \alpha U^\beta$

$$\Phi. U = 3 \rightarrow I = 0,3 \quad 0,3 = \alpha \cdot 3^\beta$$

$$U = 8 \rightarrow I = 0,5 \quad 0,5 = \alpha \cdot 8^\beta$$

$$\Rightarrow (2,6)^\beta = 1,6 \Rightarrow \underline{\beta \approx 0,5}$$

$$\alpha \approx \frac{0,5}{\sqrt{8}} \approx \frac{1}{6}$$

т.е. $I(U) \approx \frac{1}{6} \sqrt{U}$

$$U_1 = 36 I_1^2 \quad U_2 = 36 I_2^2$$

$$\Rightarrow 36 I_1^2 + 36 I_2^2 = 6$$

$$(I_1 - I_2) \cdot 28 - 36 I_2^2 = 12$$

пренебрежем

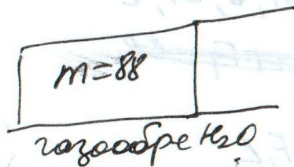
Чистовик

Черновик

$P_0 = P_H / 1000$

$V_0 = 107,4 \text{ (л)}$

$m = 88 \text{ г}$



3020
 $600 \cdot 300 = 180000$

$P_H = 108 \cdot 18 \cdot 10,028 \cdot 233 - 216 \cdot 253 \cdot 0,018$
 P_0

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$

$\frac{P_0 V_0}{T_0}$

1000000

2.

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

если $P_1 = P_2 = P$

20-2002

1000000

$9 \cdot 10^4$

$P = \frac{mRT}{V} = 24 \cdot 900$

105 температура газа при давлении P_0

$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \nu_{H_2O} R$



$P_0 = \frac{m_H R T_H}{V_H} = \frac{P_0 V_0 \nu_{H_2O}}{T_1}$

летает $\nu_{H_2O} = \frac{P_2 V_2}{RT_2}$ воды

$\left(\frac{m_H}{M_H} + \frac{m - m_H}{M_H} \right) = \frac{P_0 V_0}{RT_0}$

летает $\nu_{H_2O} = \frac{P_1 V_2}{T_1 R}$

$m_H - \text{изб-но}$

$\nu_{H_2} = 0,0625$
 $0,015 \cdot 36 \cdot 0,0318$

$m_H - \text{воды}$
сначала

$m_H - \text{азота}$

$m - m_H - \text{воды}$

Реш-ся по формуле

$\frac{m_H}{M_H} + \text{воды к молекулу 1 в воздухе} : m_1$

$\left(\frac{m_1}{M_H} + \frac{m_2}{M_H} \right) RT_1 = P_0 V_1$

$\Delta \nu_{\text{воз}} = \frac{P_0 V_0}{RT_0} - \frac{P_0 V_1}{RT_1}$

$\left(\frac{m_1}{M_H} + \frac{m_2}{M_H} \right) RT_2 = P$

$\frac{m_2}{M_H} RT_2 = P_H V_1 - \text{нас. парев}$

$(m - m_1 - m_2)$

но $m_H =$

Черновик

$$b_1 = \frac{F_1 L}{L - F_1}$$

$$b_2 = \frac{F_2 L}{L - F_2}$$

$$L b_1 - F_1 b_1 = F_1 L$$

$$\parallel L - b_2 = \frac{L^2 - 2LF_2}{L - F_2}$$

$$L - b_1 = \frac{L^2 - 2F_1 L}{L - F_1}$$

$$\frac{2L - F_2}{5F_2 L - L^2} + \frac{1}{2L} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{L - F_2}{L^2 - 2LF_2} + \frac{2}{3L} = \frac{1}{F_1}$$

$$\frac{L - F_1}{L^2 - 2F_1 L} + \frac{1}{2L} = \frac{1}{F_2}$$

$$F_1 = \frac{1}{\frac{L - F_2}{L^2 - 2LF_2} + \frac{2}{3L}}$$

$$= \frac{1}{\frac{3(L - F_2) + 2(L - 2F_2)}{3L(L - 2F_2)}} = \frac{3L(L - 2F_2)}{5L - 7F_2}$$

$$= \frac{4L^2 - 2F_2 L + 5F_2 L - L^2}{2L^2(5F_2 - L)} = \frac{3L(L + F_2)}{2L(5F_2 - L)} = \frac{3(L + F_2)}{2(5F_2 - L)}$$

$$\frac{6}{1 - \frac{6}{\pi}} L F_1 = L - \frac{3L(L - 2F_2)}{5L - 7F_2} = \frac{5L - 7F_2 - 3L + 6F_2}{5L - 7F_2} = \frac{2L - F_2}{5L - 7F_2}$$

$$b_1 = \frac{6}{5} L$$

$$b_2 = \frac{-\frac{1}{3}}{\frac{4}{3}} = -\frac{1}{4} L$$

$$\frac{4F_2 - 2L}{L^2 + F_2 L} + \frac{1}{2L} = \frac{1}{F_2} = \frac{1}{L} \left(\frac{4F_2 - 2L + 2L + 2F_2}{L + F_2} \right) = \frac{6F_2}{L(L + F_2)}$$

$$\frac{5}{6} L = \frac{11}{6} L$$

$$6F_2^2 - LF_2 - L^2 = 0$$

$$F_1 = \frac{3L^2 - 3LF_2 + 2L^2 = 4LF_2}{3L^2(L - 2F_2)}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{7}{2}$$

$$\Delta = L^2 + 24L^2 = 25L^2$$

$$\frac{L \pm 5L}{12}$$

$$\left[\frac{L}{2} < L \right]$$

$$\left[-\frac{1}{3} L < \frac{11}{11} L \right]$$

$$\frac{3L^2}{2}$$

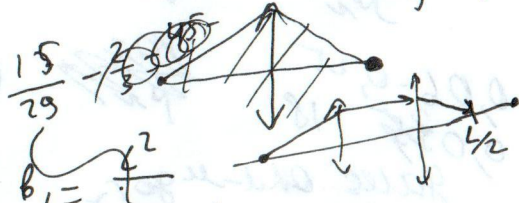
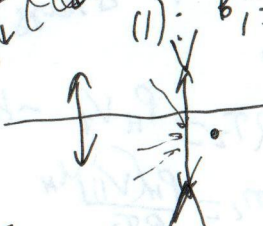
$$\frac{3L}{2}$$

$$\frac{5}{3} \cdot \frac{5L}{3} = \frac{25L}{9}$$

$$5L + \frac{14L}{3}$$

$$-\frac{5}{L} + \frac{1}{2L} = \frac{1 - 10}{2L} = -\frac{9}{2L}$$

$$b_1 = \frac{15}{29} L = \frac{15}{14} L$$

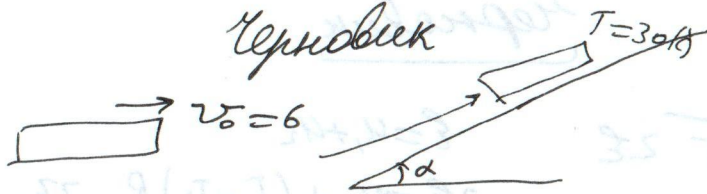


$$-\frac{14}{L} + \frac{1}{2L} = \frac{1}{L} + \frac{1}{2L} = \frac{3}{2L}$$

$$b_1 = \frac{4L^2}{22L} = \frac{2L}{11}$$

$$b_1 = \frac{6L}{11}$$

Черновик



② $H = X \sin \alpha$

X-на горке $\Rightarrow F_T = \frac{X}{l} mg$

$E_{\pi} = \int_0^l \frac{X}{l} mg \sin \alpha dx$

$= \frac{mg \sin \alpha}{l} \int_0^l x dx$

$= \frac{mg \sin \alpha}{2l} a^2$

$\ddot{X} = \frac{g}{l} X \sin \alpha$

$m \ddot{a} = F_T \sin \alpha$

$m a = \frac{X}{l} mg \sin \alpha$

$a = \frac{X}{l} g \sin \alpha$

$A(t) = A_0 \cos(\omega t + \varphi)$

$v(t) = -\omega A_0 \sin(\omega t + \varphi)$

$\omega A_0 \cos \varphi = v_0$

$\varphi = 0$

$\cos(\omega t_0 + \varphi) = 0$

$\omega t_0 + \varphi = \frac{\pi}{2}$

$\omega = \frac{\pi}{2 t_0}$

$A_0 = \frac{v_0}{\omega}$

$\omega A_0 = v_0$

$A_0 = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0 l}{g \sin \alpha} \frac{v_0 \sqrt{l}}{\sqrt{g \sin \alpha}}$

$\omega t_0 = \frac{\pi}{2}$

$\omega = \frac{\pi}{2 t_0}$

$\frac{A_0}{l} = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$

$v_0^2 = \frac{A_0^2 g \sin \alpha}{l}$

$\frac{\pi}{2 t_0} = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{l}}$

$l = \frac{4 t_0^2 g \sin \alpha}{\pi^2}$

$\omega^2 l = g \sin \alpha$

$\frac{A_0}{\omega_0} = \dots$

$l = \frac{v_0}{\omega e} = \frac{v_0 \omega^2}{\omega g \sin \alpha} = \frac{v_0 \omega}{g \sin \alpha} = \frac{v_0 \pi}{2 t_0 g \sin \alpha}$

$1800 = \dots$

$\frac{180 \cdot 6}{4 \cdot 2 \cdot 300} = \frac{180}{40} = \frac{9}{20} = 0,45$

$T = \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{l}{g \sin \alpha}}$

$\frac{4T^2}{\pi^2} = \frac{l}{g \sin \alpha}$

$l = \frac{4T^2 g \sin \alpha}{\pi^2}$

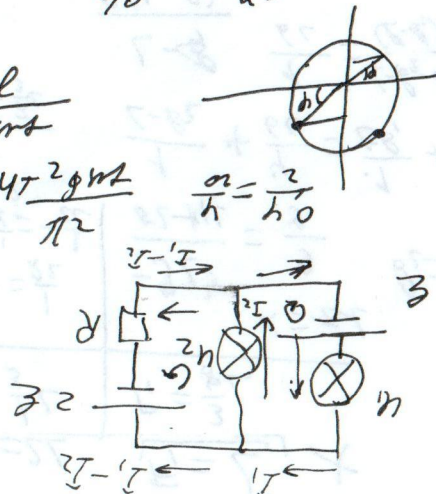
$\frac{a}{h} = \frac{2}{h_0}$

$h_1 = \frac{5}{1} = \frac{5}{1} \cdot \dots$

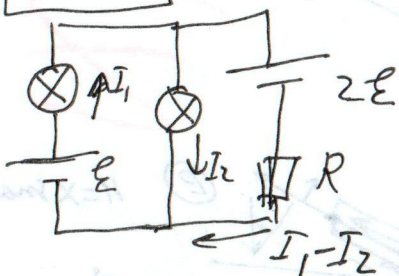
$z = z_1 + z_2$

$2z = (I_1 - I_2) R$

$z = z_1 + z_2 = z$



Черновик



$$I_1 U_1 + I_2 U_2 =$$

$$(2 - 'g + 'z) \tau z = 'z ('g - '7) \quad I_2 U_2 + I_1 U_1 = \frac{(2\varepsilon - U_2)(\varepsilon - U_2)}{R} + I_2(\varepsilon - U_2) =$$

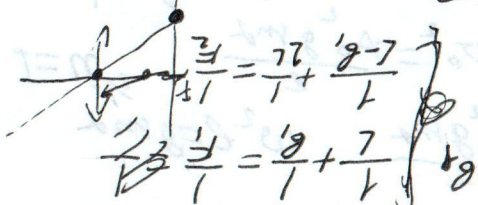
$$= \frac{2\varepsilon^2 - U_2 \cdot 3\varepsilon + U_2^2}{R} + I_2 \varepsilon$$

$$U_2^2 - 3U_2 \varepsilon + I_2 \varepsilon R = (2\varepsilon - (I_1 - I_2)R)^2 - 3(2\varepsilon - (I_1 - I_2)R)\varepsilon + I_2 \varepsilon R =$$

$$= 4\varepsilon^2 - 4\varepsilon R(I_1 - I_2) + (I_1 - I_2)^2 R^2 - 6\varepsilon^2 + 3(I_1 - I_2)R\varepsilon + I_2 \varepsilon R$$

$$-I_1 R \varepsilon - I_2 R \varepsilon + (I_1 - I_2)^2 R^2$$

$$I_1 U_1 + I_2 U_2 = (I_1 - I_2)^2 R + I_1 \varepsilon$$



$$\frac{I_1}{1} + \frac{I_2}{1} = \frac{(2 - 'g) \tau}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{(2 - 'g) \tau}{1} + \frac{2}{1}$$

$$\frac{I_1}{1} = \frac{0}{1} + \frac{2 - 'g}{1}$$

$$\frac{I_1}{1} = \frac{2 - 'g}{1} + \frac{2}{1} = \frac{2 - 'g + 2}{1} = \frac{4 - 'g}{1}$$

$$\frac{I_1}{1} = \frac{4 - 'g}{1} \quad \frac{I_2}{1} = \frac{3}{1}$$

$$I_1 = 4 - 'g \quad I_2 = 3$$

Черновик

$$\varepsilon = U_1 + U_2$$

$$2\varepsilon = U_2 + (I_1 - I_2)R \quad \frac{\tau z}{1} = \frac{('g - '7) \tau g}{7 - 'g + 'z g}$$

$$\varepsilon = (I_1 - I_2)R - U_1 \quad \frac{\tau z}{1} = \frac{'z g}{1} - \frac{'g - '7}{1}$$

$$U_1 = \varepsilon - U_2$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon + U_1}{R} + I_2 R = \frac{2\varepsilon - U_2}{R} + I_2$$

$$\frac{'z}{1} + \frac{\tau z}{2} = \frac{\tau z}{1} + \frac{'g - '7}{1}$$

Handwritten notes and calculations in the right margin, including various algebraic manipulations and fractions like $\frac{\varepsilon}{8} = \frac{\varepsilon}{2} + 2$, $\frac{I_1}{1} = \frac{2 - 'g}{1} + \frac{2}{1}$, and $\frac{I_2}{1} = \frac{3}{1}$.