23-64-09-97
(143.1)

Олимпиада ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 01 город Уфа

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы

по физике

Ананьева Александра Васильевича

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

«13» марта 2016 года

Подпись участника

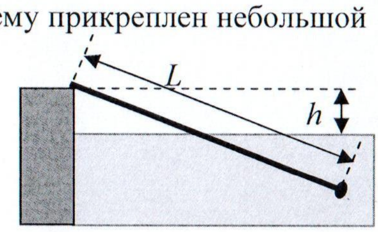
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 01 (10-11 классы)

23-64-09-97
(143.1)

Задание 1:

Вопрос: От каких факторов зависит величина, точка приложения и направление силы Архимеда? Приведите примеры ситуаций, когда ее направление не совпадает с вертикалью. Может ли сила Архимеда сообщить очень легкому телу в покоящейся жидкости ускорение, превышающее ускорение свободного падения? Ответ объяснить.

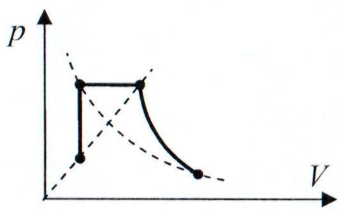
Задача: Узкая тонкая однородная доска длиной $L = 1$ м лежит, опираясь одним из концов на борт бассейна. При этом второй конец доски опущен в воду, и к нему прикреплен небольшой груз (см. рис.). Высота борта над водой $h = 40$ см. Коэффициент трения между доской и бортом бассейна $\mu = 0{,}75$. При каком максимальном отношении массы груза к массе доски $x \equiv \dfrac{m}{M}$ доска может покоиться? Вода в бассейне неподвижна, плотность воды $\rho_0 = 1$ г/см^3, плотность дерева, из которого изготовлена доска $\rho = 0{,}5$ г/см^3.



Задание 2:

Вопрос: Чему может быть равна теплоемкость одного моля идеального газа в изохорном и изобарном процессах?

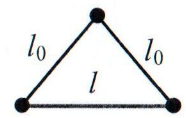
Задача: Постоянное количество идеального газа участвует в процессе, диаграмма которого показана на рисунке в координатах давление-объем. Известно, что при изохорном нагревании газ получает количество теплоты, равное $Q = 60$ кДж, а после изобарного расширения температура газа становится в $n = 9$ раз больше наименьшей (для всего процесса). Найдите работу газа при адиабатическом расширении. Линии, показанные пунктиром – прямая, проходящая через начало координат, и изотерма.

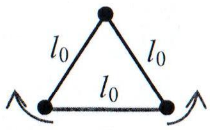


Задание 3:

Вопрос: Чему равна потенциальная энергия электростатического взаимодействия четырех одинаковых точечных зарядов q, расположенных в вершинах квадрата со стороной a?

Задача: Три маленьких одинаковых заряженных шайбы соединены попарно двумя легкими нерастяжимыми нитями длиной $l_0 = 40$ см и одной упругой резинкой, длина которой в недеформированном состоянии также равна l_0 (сила упругости резинки пропорциональна деформации). Если поместить их на гладкую горизонтальную поверхность, то в состоянии покоя длина резинки будет равна $l = 50$ см. Удерживая шайбы, резинку переводят в недеформированное состояние (так, что шайбы образуют равносторонний треугольник) и отпускают шайбы без начальной скорости. До какой максимальной длины растянется резинка в ходе дальнейшего движения? Какой будет максимальная скорость «средней» шайбы? Циклическая частота колебаний одной шайбы на резинке равна $\omega = 20$ с$^{-1}$.





Задание 4:

Вопрос: Что нужно сделать для того, чтобы поперечное увеличение изображения пламени свечи, наблюдаемого через рассеивающую тонкую линзу, уменьшилось – придвинуть линзу к свече или отодвинуть от нее? Ответ объяснить.

Задача: С помощью тонкой линзы на экране получено изображение нити небольшой лампочки, развернутой перпендикулярно оси линзы, с увеличением $|\Gamma| = 2{,}5$. Когда экран придвинули к линзе на расстояние $s = 8$ см, то для получения нового четкого изображения лампочку пришлось сдвинуть вдоль оси на расстояние $s' = 1{,}6$ см. Каким стало увеличение изображения?

23-64-09-97
(143.1)

ОЛИМПИАДА ПВГ 2016

Чистовик | стр. 1 из 5

№1. $F_A = \rho_ж \cdot a \cdot V_п$

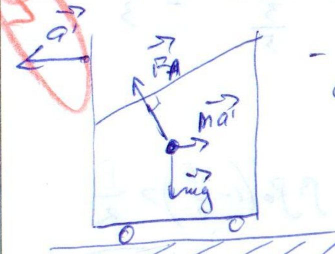
где $V_п$ – объём погружённой части тела

$\rho_ж$ – плотность жидкости

a – ускорение жидкости в сосуде, $\vec{a} = \vec{g} + \vec{a'}$, где a' – ускорение сосуда.

F_A направлена $\perp$ поверхности жидкости и стремится вытолкнуть погружённое тело в сторону наим. давления

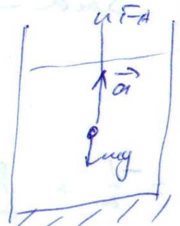
Приложена к центру погружённой части (+)



– в движущемся с ускорением сосуде $\vec{F_A} = \vec{F_{A_g}} + \vec{F_{A_{a'}}}$

$F_{A_g} = \rho_ж g V$

$F_{A_a} = \rho_ж a' \cdot V$ (+)



$\rho_ж$ – жидкость

$\rho_т$ – тело

по II з. Ньютона: (без учёта сопротивл. среды)

$F_A - mg = ma$

$\rho_ж g V - \rho_т g V = \rho_т V \cdot a$

$a = \left(\frac{\rho_ж}{\rho_т} - 1\right) \cdot g$ (–)

при достаточно большом отношении $\frac{\rho_ж}{\rho_т}$ можно достичь больших значений ускорения (больших g) ?

Задача:

$L = 1м$

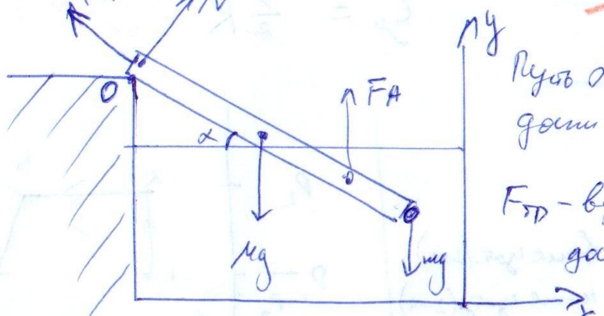
$h = 0{,}4м$

$\mu = 0{,}75 = \frac{3}{4}$

$\rho_0 = 1000 \frac{кг}{м^3}$

$\rho = 500 \frac{кг}{м^3}$

$X = \frac{m}{M}$ – ?



Пусть α – угол наклона доски к поверхности

$F_{тр}$ – вдоль стержня, т.к. доска будет скатываться под углом α

Рассмотрим пред. случай: $v = 0$

тогда по I закону Ньютона: $Ox: N \sin\alpha - F_{тр} \cos\alpha = 0$

$N \sin\alpha = \mu \cdot N \cos\alpha$

$\mu = tg\,\alpha$

$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{tg\,\alpha}{\sqrt{1+tg^2\alpha}} = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

По правилу моментов относительно точки опоры (на бортик) т. O

$mg \cdot L\cos\alpha + \frac{1}{2} Mg L \cos\alpha - F_A \cdot d_A = 0$

Σ	4	3	2	1
92	20	16	20	20
	4	5	3	4

(Оретин М.)

(Никонов А.С.)

Оценка: 92 балла.

Чистовик

Пусть $l = \beta \cdot L$ – часть доски, погр. в воду, $d_A = \left(1-\frac{\beta}{2}\right) L\cos\alpha$

тогда, если $F_{A0} = \rho_ж g V = \rho_т g V \frac{\rho_ж}{\rho_т}$

$$F_A = \rho_т g \cdot \beta V \cdot \frac{\rho_ж}{\rho_т} = \beta \cdot Mg \cdot \frac{\rho_ж}{\rho_т}$$

$$\left(m+\frac{1}{2} M\right) g L\cos\alpha = Mg\cdot\beta\cdot\frac{\rho_ж}{\rho_т}\left(1-\frac{\beta}{2}\right)L\cos\alpha$$

$$m + \frac{1}{2} M = M\beta\frac{\rho_ж}{\rho_т}\left(1-\frac{\beta}{2}\right) \quad \Big|:M$$

При этом $\sin\alpha = \frac{h}{L(1-\beta)}$ => $\beta = 1 - \frac{h}{L\sin\alpha} = 1 - \frac{0{,}4}{\frac{3}{5}} = \frac{1}{3}$

$$x = -\frac{1}{2} + \frac{\beta\rho_ж\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}{\rho}$$ – имеет смысл при $\beta\rho_0\left(1-\frac{\beta}{2}\right) > \frac{\rho}{2}$

где $\beta = 1 - \frac{h\sqrt{1+\mu^2}}{\mu\cdot L}$

$$x = \frac{1}{3}\cdot 2\left(1-\frac{1}{6}\right) - \frac{1}{2} = \frac{2}{3}\cdot\frac{5}{6} - \frac{1}{2} = \frac{1}{18}$$

Ответ: $x = \frac{1}{18}$ +

2. Изобарный: $Q = \Delta U + A'$, $A' = \nu R\Delta T$ => $Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$$C_м = \frac{Q}{\nu\Delta T} = \frac{5}{2}R$$?

±

Изохорный: $A' = 0$ => $Q = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$$C_м = \frac{3}{2}R$$

только? ?

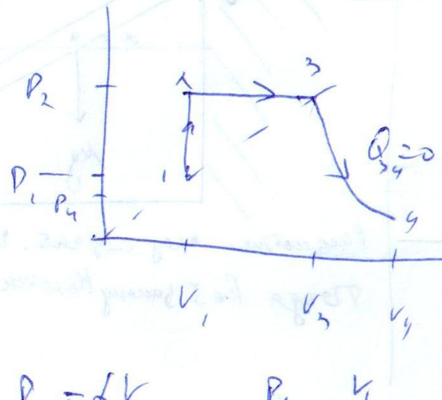
Задача:

$Q_{12} = 600$ Дж

$T_3 = nT_1$, ; T_3 выше изот. (2-4); T_1 ниже изот. (2-4)

$n = 9$

A'_{34} – ?



$P_2 = P_3$

$V_1 = V_2$

$P_1V_1 = \nu R T_1$

$P_2V_1 = \nu R T_2$

$P_2V_3 = \nu R T_3 = n\cdot\nu R T_1$

$P_4V_4 = P_2V_1 = \nu R T_2$

$P_1 = \alpha V_1$, $P_2 = \alpha V_3$ => $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3}$

$\frac{P_1V_1}{P_2V_3} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \frac{1}{n}$ => $P_2 = P_1\sqrt{n}$, $V_3 = V_1\sqrt{n}$

2 из 5

$\Delta U_{34} = -A'_{34}$ $\qquad \Delta U_{12} = Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{12}$ Чистовик

$A'_{34} = -\frac{3}{2}\nu R \Delta T_{34}$

$P_2(V_1 - V_3) = \nu R \Delta T_{34} = \cancel{-P_2 \cdot 2V_1}$ $P_2(-\sqrt{n}+1)V_1 = \sqrt{n}(1-\sqrt{n})P_1V_1$

$V_1(P_2 - P_1) = V_1P_1(\sqrt{n}-1) = \nu R \Delta T_{12} = \frac{2}{3}Q_{12}$

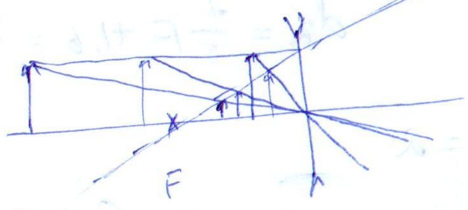
$\Rightarrow A'_{34} = -\frac{3}{2}\cdot\sqrt{n}\cdot\left(-\frac{2}{3}\right)Q_{12} = 3Q_{12}$

$A'_{34} = 180$ кДж (+)

Ответ: 180 кДж

№4. для рассеивающей линзы: $\Gamma = \left|\frac{f}{d}\right|$

$\Gamma = \frac{H_{из}}{h_{пр}}$



Чем ближе к линзе, тем больше изображение, значит, при неизменных размерах предмета, Г - увеличивается ? ±

Задача: $|\Gamma| = 2,5$

Получено увеличенное, действительное изображение => линза собирающая

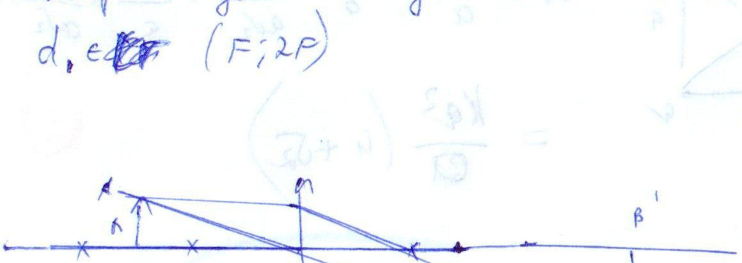
$d_1 \in (F; 2F)$

$\Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow f_1 = 2,5d_1$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{3,5}{2,5d_1}$

$d_1 = \frac{7}{5}F$

$f_1 = \frac{7}{2}F$



3 из 5

Чистовик

$f_2 = f_1 - S$; Чтобы снова получить чёткое изображение, необходимо увеличить расстояние от предмета до линзы (Экран придвинули к линзе, значит он остался на той же стороне)

$d_2 = d_1 + S'$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1 + S'} + \frac{1}{f_1 - S} = \frac{1}{F1,4 + S'} + \frac{1}{3,5F - S}$$

$$\frac{(3,5F-S)(1,4F+S') - F(1,4F+S'+3,5F-S)}{F(F1,4+S')(3,5F-S)} = 0$$

Подставим S и S'

$$4,9F^2 - 5,6F - 12,8 - 1,4F^2 - 3,5F^2 - 1,6F + 8F = 0$$

$0,8F = 12,8$

$8F = 128$

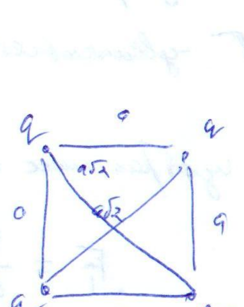
$F = 16$ см $\Rightarrow f_2 = \frac{7}{2}F - 8 = 48$ см

$d_2 = \frac{7}{5}F + 1,6 = 24$ см

$$\Gamma_2 = \frac{f_2}{d_2} = 2$$

Ответ: $\Gamma_2 = 2$

№3.



$$W = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a}$$

$$= \frac{kq^2}{a}(4 + \sqrt{2})$$

Задача:

$l_0 = 0,4$ м ; $l = 0,5$ м ; $F_{упр} = k \cdot \Delta l$

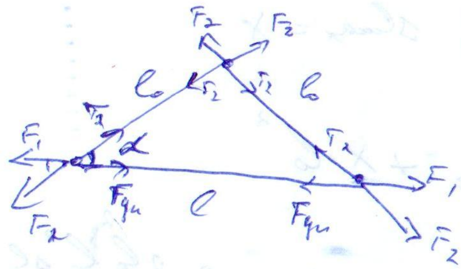
$\omega = 20\ c^{-1}$

4 из 5

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

в состоянии покоя

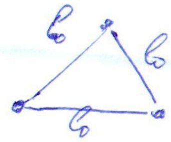


$F_1 \sin\alpha = F_{уп} \sin\alpha$

$$\frac{kq^2}{l^2} = \varkappa(l - l_0) \Rightarrow \varkappa = \frac{kq^2}{l^2(l-l_0)}$$ (+)

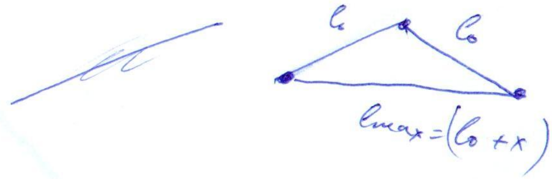
в равн. предположение:

$F_{уп} = 0$



$$E_1 = 3\frac{kq^2}{l_0}$$

при мах. отклонении:



$$E_2 = \frac{2kq^2}{l_0} + \frac{kq^2}{l_0 + x} + \frac{\varkappa x^2}{2}$$

$E_1 = E_2$

$$\frac{kq^2}{l_0} = \frac{\varkappa x^2}{2} + \frac{kq^2}{l_0+x} = \frac{kq^2}{l_0+x} + \frac{kq^2 x^2}{l^2(l-l_0)}$$ (+)

$$\frac{1}{l_0} = \frac{1}{l_0+x} + \frac{x^2}{l^2(l-l_0)}$$

При этом средний шарик не будет иметь скорости, т.к. его будут удерживать нити

$\vec{F}_{э1} + \vec{F}_{э1} + \vec{T}_{12} + \vec{T}_{12} = 0$

$l_{max} = l_0 + x$

$x = ?$

$v_{x} = ?$

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

Черновик

$\Delta l_{max} = x$

$$\frac{2}{\frac{\alpha}{l_{нч}^2}} = x^2 \cdot l_0 + x \cdot l_0^2$$

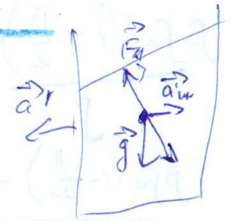
$$l_0 \cdot x^2 + x \cdot l_0^2 - \frac{2 \cdot 2 l_0^2 l^2 \Delta l}{2 l_0^3 + l^3}$$

$$D = l_0^2 + \frac{16 \cdot l_0^2 l^2 \Delta l}{2 l_0^3 + l^3} = 16 \cdot 10^{-3} + 10^{-2} \cdot 16 \cdot$$

Черновик

~~вектор~~ a: $\vec{F_A} = \rho_ж \cdot \vec{a} \cdot V_п$

где $\rho_ж$ – плотность
$V_п$ – объём погруж.; $\vec{a}$ –
направление: перпендикулярно поверхности



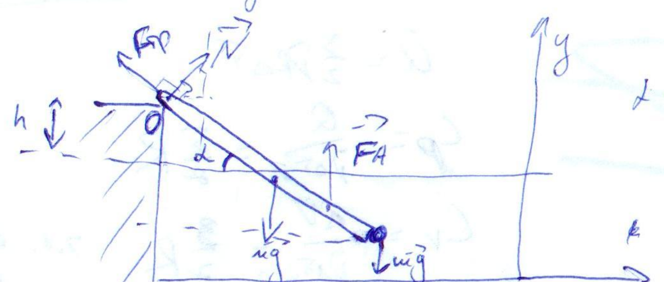
$F_A - mg = ma$ / Не учитывая $F_{сопр}$

$\rho_ж g V - \rho_т g V = \rho_т V a$

$$a = g\left(\frac{\rho_ж - \rho_т}{\rho_т}\right) = \left(\frac{\rho_ж}{\rho_т} - 1\right) \cdot g \;:\; \frac{\rho_ж}{\rho_т} \text{ может быть } > 2$$

при достаточно маленькой плотности тела

$L = 4$ м
$h = 0{,}4$ м
$\mu = 0{,}75$
$x = \frac{m}{M}$ – ?
$\rho_0 = 1000$ кг/м^3
$\rho = 500$ кг/м^3



α – угол м/д доской и поверхностью

Пусть $\alpha = \frac{l_1}{L}$ – $l_1 = \beta \cdot L$, где – длина погр. части

По правилу моментов отн. т. O: $mg \cdot d_1 + Mg \cdot d_2 - F_A \cdot d_3 = 0$

$d_1 = L\cos\alpha$

$d_2 = \frac{1}{2} L\cos\alpha$

$d_3 = \left(L - \frac{1}{2}\beta L\right)\cos\alpha = \left(1 - \frac{\beta}{2}\right)L\cos\alpha$

$mgL\cos\alpha + \frac{1}{2} MgL\cos\alpha = \rho_0 g S \cdot \beta L \cdot L\cos\alpha\left(1 - \frac{\beta}{2}\right)$

$m + \frac{1}{2}M = \beta M \frac{\rho_0}{\rho}\left(1 - \frac{\beta}{2}\right)$

$F_{A0} = \rho_0 g V \Rightarrow F_{A0} = Mg \cdot \frac{\rho_0}{\rho} = \rho \cdot S \cdot Lg \cdot \frac{\rho_0}{\rho}$

$Mg = \rho g V$ $\quad F_A = \beta F_{A0} = \beta Mg \frac{\rho_0}{\rho}$

для доски: O_x: $-F_{тр}\cos\alpha + N\sin\alpha = 0$ $\quad \sin\alpha = \frac{h}{L(1-\beta)} = \frac{t\mu}{\sqrt{1+\mu^2}} =$

$\mu \cdot N\cos\alpha = N\sin\alpha$

$\operatorname{tg}\alpha = \mu$

$\sin\alpha = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$

$s^2 + c^2 = 1$

$1 + \frac{1}{t^2} = \frac{1}{s^2}$

$s^2 = \frac{t^2}{1+t^2}$

$(L - \beta L)\sin\alpha = h$

$\beta = \frac{L\sin\alpha - h}{L\sin\alpha} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{5}{4}} = \frac{3}{5}$

$\frac{0{,}4 \cdot 2}{4(1-\beta)} = \frac{3}{5}$

$2 = 3 - 3\beta \quad \beta = \frac{1}{3}$

Черновик

$m + \frac{1}{2}M = \beta M \cdot \frac{\rho_0}{\rho}\left(1-\frac{\beta}{2}\right) \quad | : M$

$x + \frac{1}{2} = \frac{\beta\rho_0\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}{\rho}$

$x = \frac{\beta\rho_0\left(1-\frac{\beta}{2}\right) - \frac{1}{2}\rho}{\rho}$ при $\beta\rho_0\left(1-\frac{\beta}{2}\right) > \frac{1}{2}\rho$

где $\beta = 1 - \frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha}$, $\sin\alpha = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$

$x = \frac{1}{3}\cdot 2\left(1-\frac{1}{6}\right) - \frac{1}{2} = \frac{2}{3}\cdot\frac{5}{6} - \frac{1}{2} = \frac{5}{9} - \frac{1}{2} = \frac{1}{18}$

$P_1V_1 = \nu RT_1$
$P_1V_2 = \nu RT_2$
$A' = \nu R\Delta T = P(\Delta V)$
$Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

2. Изобарн: $\Delta U = -A' + Q$

$Q = \Delta U + A'$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$C_p = \frac{Q}{\nu\Delta T} = \frac{5}{2}R$

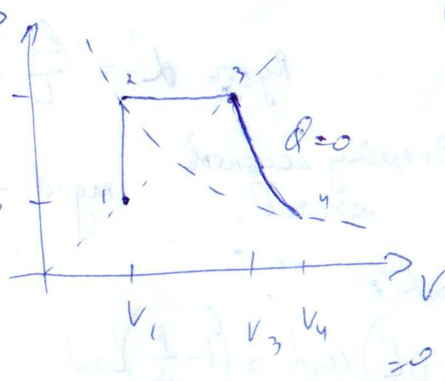
$C_V = \frac{\Delta U}{\nu\Delta T} = \frac{3}{2}R$ т.к. $\Delta V = 0$, $A' = 0$, $Q = \Delta U$

$Q_{12} = 60\cdot 10^3$ Дж

$T_3 = 9 T_1$

(отн. изотермы 2–4
$T_3 > T_2 > T_1$)

$A'_{34} - ?$



$\Delta U_{34} = -A'_{34}$

$A'_{34} = -\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{34}$

$P_2(V_1 - V_3) = \nu R\Delta T_{34}$

$\nu R\Delta T_{34} = -2P_2V_1$

$V_1(P_2 - P_1) = V_1\cdot 2P_1 =$

$= \nu R\Delta T_{12} = \frac{2}{3}Q_{12}$

$A' = 3\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{2}{3}Q_{12} = 3Q_{12} =$

$= 180$ кДж

$P_1V_1 = \nu RT_1$
$P_2V_1 = \nu RT_2$
$P_2V_3 = \nu RT_3 = 9\nu RT_1$
$P_4V_4 = \nu RT_2$
$= P_2V_1$

$\Delta U_{12} = -A'_{12} + Q_{12}$, $A'_{12}=0$

$\Delta U_{12} = Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}$

$P_1 = \alpha V_1$
$P_2 = \alpha V_3$

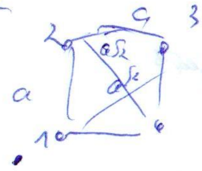
$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3}$

$\frac{P_1V_1}{P_2V_3} = \frac{1}{9}$

$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 = \frac{1}{9}$

$P_2 = 3P_1$
$V_3 = 3V_1$

3. Черновик



$$W = \underbrace{\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}}}_{\text{для 1}} + \underbrace{\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}}}_{\text{для 2}} + \underbrace{\frac{kq^2}{a}}_{\text{для 3}} =$$

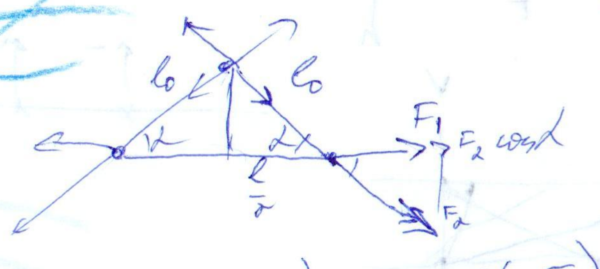
$$= (4+\sqrt{2})\frac{kq^2}{a}$$

$l_0 = 0{,}4$ м

$F_{уп} = \cancel{k}\Delta l$

$l = 0{,}5$ м

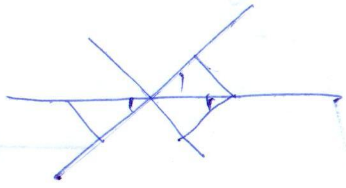
$\omega = 20\ \frac{1}{c}$



№2 | $\nu R \Delta T_{34} = p_2V_1 - p_2V_3 = p_2V_1(1-\sqrt{n}) = 3p_1V_1(1-\sqrt{n}) = \cancel{2Q_{12}} \cdot 3\cdot\frac{2}{3}Q_{12} = -2Q_{12}$

$V_1(p_2 - p_1) = V_1p_1(\sqrt{n}-1) = \nu R\Delta T_{12} = \frac{2}{3}Q_{12}$

$A'_{34} = -\frac{3}{2}\cdot(-2Q_{12}) = 3Q_{12} = 180$ кДж

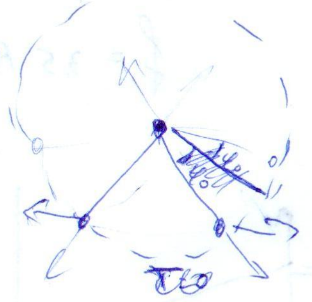


$$\cancel{F_{el}}\ k\cdot\Delta l = \frac{kq^2}{l^2} + \frac{kq^2}{l_0^2}\cdot\frac{l}{2l_0}$$

$$k = \frac{kq^2}{\Delta l}\left(\frac{1}{l^2} + \frac{l}{2l_0^3}\right) = \frac{kq^2}{\Delta l}\left(\frac{2l_0^3 + l^3}{2l_0^3 l^2}\right) = \frac{kq^2(2\cdot 64 + 125)}{10^{-3}\cdot 64\cdot 25\cdot 2} =$$

$$= \frac{kq^2(253)}{320}$$

$\cancel{F_{el}}$



$$E_1 = E_2$$

$v = 0 \qquad v\omega$

$$3\frac{kq^2}{l_0} = \frac{2kq^2}{l_0} + \frac{kq^2}{l_{max}} + \frac{k\Delta l_{max}^2}{2}$$

$l_{max} = l_0 + \Delta l_{max}$

$$\frac{kq^2}{l_0} = \frac{kq^2}{l} + \frac{k\Delta l^2}{2}$$

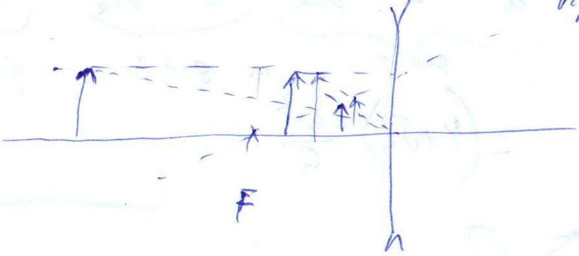
$$\cancel{\frac{kq^2}{l_0}}\ \frac{kq^2(l_0 + \Delta l_{max}) - kq^2 l_0}{l_0(l_0+\Delta l_{max})} - \frac{k\Delta l_{max}^2}{2} \Rightarrow$$

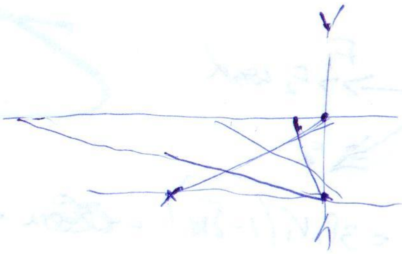
$$\cancel{l_0} + \Delta l_{max} - \cancel{l_0} = \frac{k\Delta l_{max}^2}{kq^2\, 2}(l_0^2 + \Delta l_{max} l_0) \Rightarrow \cancel{\Delta l_{max}} = 2k$$

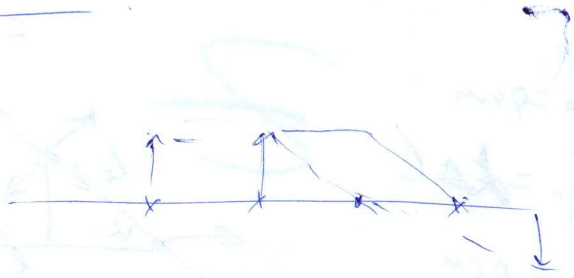
4.

Черновик

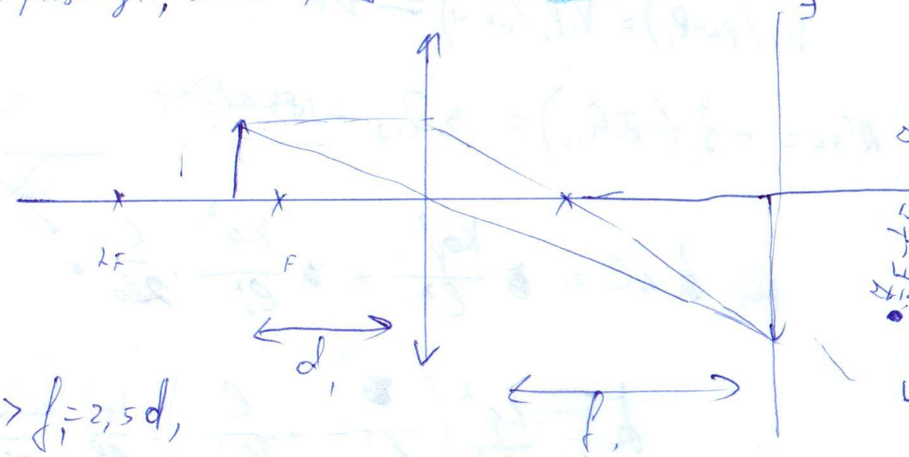
Преобразовать







Ув. изобр.: собирающ. линза, $d \in [F; 2F]$



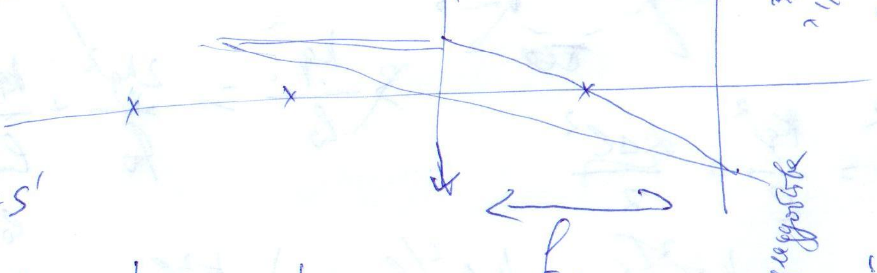
$|\Gamma_1| = 2{,}5 \Rightarrow f_1 = 2{,}5 d_1$

$\frac{1}{F_{co}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{2{,}5 d_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{7}{5 d_1}$ $\quad d_1 = \frac{7}{5} F = 1{,}4F$

$f_1 = 3{,}5F$

$d \uparrow \Rightarrow H \downarrow$ (при $h_{пр}$ - const) $\Rightarrow \Gamma \downarrow$

$f_2 = f_1 - 8см = f_1 - S$



$d_2 = d_1 + S'$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1 - S} + \frac{1}{d_1 + S'} = \frac{1}{3{,}5F - S} + \frac{1}{1{,}4F + S'}$

$(3{,}5F - S)(1{,}4F + S') - F(1{,}4F + S' + 3{,}5F - S) = 0$

$F(\ldots) = S(3{,}5F - S)(1{,}4F + S')$

Подставим S и S' гладко

$4{,}9F^2 - 5{,}6F - 12{,}8 - 1{,}4F^2 - 3{,}5F^2 - F \cdot 1{,}6 + F \cdot 8 = 0$

$9{,}8F = 128 \quad 8F = 128 \quad F = 16$

$\frac{8}{1{,}4} \quad 8 + 3{,}2 \ldots$

$3{,}5 \cdot 1{,}6 \quad 3{,}5 + 2 \ldots - 5{,}6$

$\frac{7}{2} + \frac{7}{5} = \frac{7 \cdot 7}{10}$

$F_2 = \frac{\frac{7}{5}F - \frac{1}{5}F}{\frac{7}{5}F + \frac{1}{10}F} = \ldots = 3$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!