Т11-16

Шифр

23,5

Региональный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

г.Сочи, «Сириус»
23 января 2020 года

Олимпиадная работа

ФИО участника: Буняков Михаил Константинович

Дата рождения: 06.01.02

Класс: 11

Регион: Пермский край

Город: Пермь

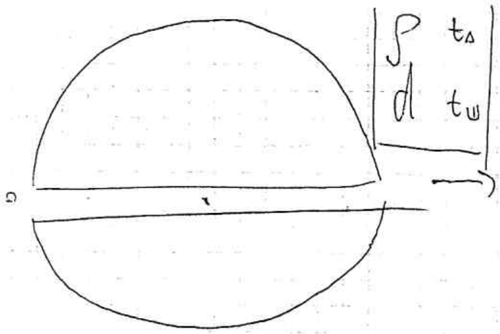
Школа: МАОУ „СОШ №9 им. А.С. Пушкина с углубленным изучением предметов физико-математического цикла"

Телефон: 89026432228

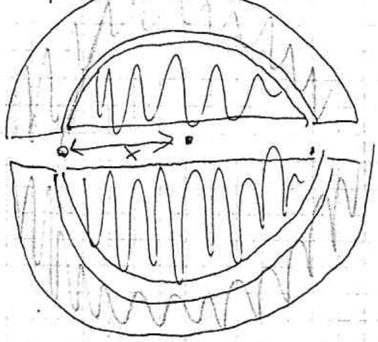
Эл. почта: sssssss_8686@mail.ru

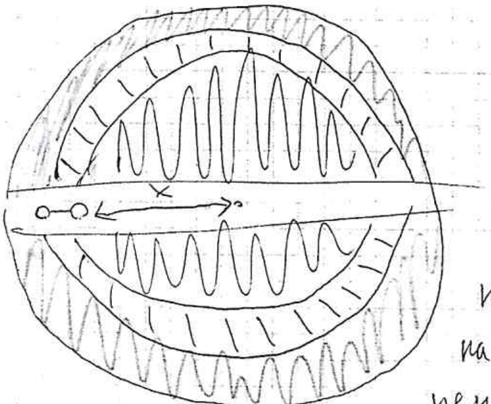
	1	2	3	4	5	Σ
До апелляции:	8,5	9	3	3	0	23,5
После апелляции:						

1



1-?





Пусть масса шарика m, заряд q

~~Тогда~~ Давайте посчитаем силу, действующую на шарик и диполь на расстоянии x от центра. ~~Согласно~~ Внутри заряженной сферы $\vec{E}=0$, потому для $\forall$ случая част~~ью~~ сферы [ ] не оказывает воздействие на движущийся объект, исходя из чего — её не нужно учитывать. ~~ей можно пренебречь~~

Рассмотрим случай №1.

Известно, что ~~Fe~~ взаимодействие ~~сферы~~ заряженного точечного тела вне сферы со ~~в~~ сферой эквивалентна взаимодействию с зарядом, помещенным в её центр и равным полному заряду сферы. Отсюда:

$$\cancel{F(x) = \frac{kqq_{сф}}{x^2} = \frac{k\pi d^3 \rho q}{6x^2}} \qquad \cancel{q_{сф} = \rho V_{сф} = \frac{4}{3}\pi \frac{\pi}{6} d^3 \rho}$$

$$q_{сф} = \rho V_{сф} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi x^3$$

⌈ Можно видеть, что т.к $\rho > 0$, то $q < 0$ ⌋

$$F(x) = \frac{kqq_{сф}}{x^2} = \frac{kq\rho \frac{4}{3}\pi x^3}{x^2} = \frac{4}{3}\pi k\rho q x$$

$$\ddot{x} = \frac{4\pi k\rho q x}{3m}$$

$$\omega = \sqrt{-\frac{4\pi k\rho q}{3m}} \qquad \cancel{T = \frac{2\pi}{\omega}} = t_{ш} = \frac{4\pi}{\omega}$$

$$\cancel{x = A\cos(\omega t + \varphi_0)}.$$

$$t_{ш} = \frac{2\pi}{\sqrt{-\frac{4\pi k\rho q}{3m}}}$$

$$t_{ш}^2 = -\frac{3m\pi^2}{4\pi k\rho q} \quad (*)$$

Рассмотрим случай №2.

Больший вклад во взаимодействие диполя со сферой будет оказывать внешний ~~сначала~~ при $t=0$ шар. Тогда он заряжен ~~положительно~~ отрицательно, а внутренний ⌈ положительно. Аналогично сл. №1 выясним, какая сила

T11-16

Шифр

действует на шар.

$$F(x) = -\frac{Kq\cdot q_{сф1}}{(x+l)^2} + \frac{Kq\,q_{сф2}}{x^2} =$$

$$q_{сф1} = \frac{4}{3}\pi\rho(x+l)^3$$

$$q_{сф2} = \frac{4}{3}\pi\rho x^3$$

$$= -\frac{4}{3}\pi\rho Kq(x+l) + \frac{4}{3}\pi\rho Kq x =$$

$$= -\frac{4}{3}\pi\rho Kq l$$

$$m_{сист} = 2m$$

$$a = \ddot{x} = -\frac{4\pi\rho Kq l}{6m}$$ (+)

При пролете через центр сила сменится на противоположную. (+)

Пусть $-q = q$.

найдем t_Δ

$t_\Delta = 2(t_\Delta/2)$, где $t_\Delta/2$ – время до середины.

$$\frac{d}{2} = \frac{a(t_\Delta/2)^2}{2}$$

$$t_\Delta = 2\sqrt{\frac{d}{a}} = 2\sqrt{\frac{6md}{4\pi\rho Kql}}$$

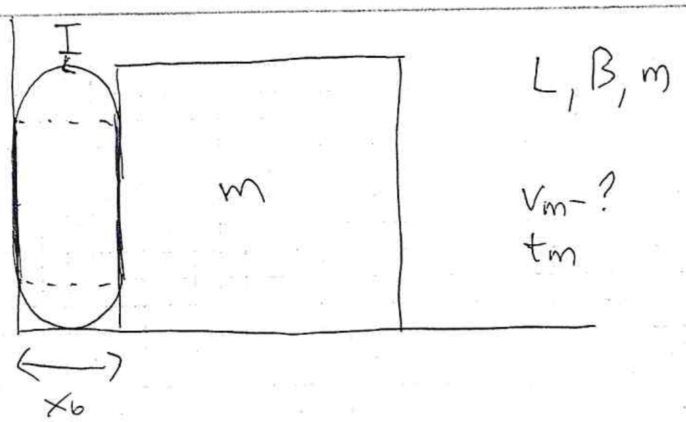
$$(1^*)\quad 2\frac{t_ш^2}{\pi^2} = \frac{6m}{4\pi Kq\rho q}$$

$$\frac{4d}{t_\Delta^2} = \frac{4\pi\rho Kq\,l}{6m} \qquad \frac{4d}{t_\Delta^2} = \frac{\pi^2}{2t_ш^2}\cdot l$$

Ответ: $l = \frac{8\,d\,t_ш^2}{\pi^2 t_\Delta^2}$.

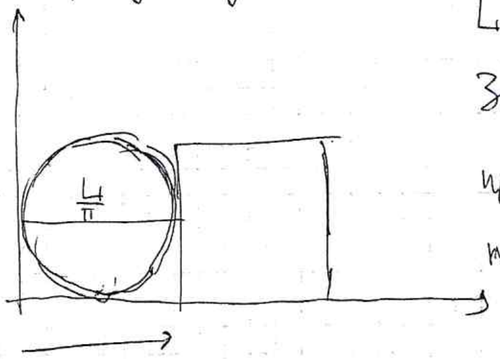
8,5

Задача II



Сила, действующая на провод, направлена по касательной к силе тока и лежит в плоскости проводника исходя из правила левой руки.
~~Аналогичным свойством обладают~~
Известно, что при такой ситуации провод ~~не~~ будет стремиться увеличить свою площадь сечения до максимума. Отсюда ~~в~~ при $t=0$ провод ~~обра~~ образует прямоугольник с двумя присоединенными полуокружностями. Исходя из нулевой массы провода его форма будет ~~такой не~~ меняться мгновенно ~~до~~ при перемещении куба до тех пор, пока провод не станет окружностью.

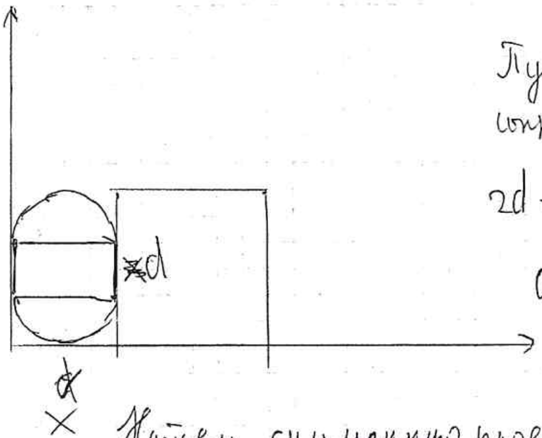
Сперва найдем момент, когда провод примет форму окружности.



$L = \pi d$.

Значит, при расстоянии $x = \frac{L}{\pi}$ провод не будет воздействовать на пружину.

Теперь рассмотрим произвольный момент x:



Пусть d - длина линии соприкосновения с поверхностью.

$2d + x\pi = L$

$d = \frac{L - x\pi}{2}$

Найдем суммарную проекцию силы, действующей на провод, на ось X:

$F = \cancel{dIB}\ dl \cdot I \times B$

Сила части, соприкасающейся с кубом:

$F = dIB = \frac{L - x\pi}{2} IB$

~~Закон~~ Мы видим, что сила пропорциональна смещению, значит справедлив закон колебаний:

Обозначим $x' = x - \frac{L}{\pi}$, совместим О по оси с состоянием, когда провод имеет форму круга

$$F = \frac{L - x\pi}{2} IB = \frac{\pi x'}{2} IB \qquad \ddot{x}' + \frac{\pi IB}{2m} x' = 0$$

Уравнение гармонических колебаний с $\omega = \sqrt{\frac{\pi}{2}\frac{IB}{m}}$ +

$$T_m = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{\pi}{2}\frac{IB}{m}}} = \sqrt{\frac{2\pi m}{IB}}$$ − 1.

~~Х =~~ Найдем работу.

$$\cancel{A = \int_{x_0 + \frac{L}{\pi}}^{0} F dx^* = \int_{x_0 - \frac{L}{\pi}}^{0} \frac{L - x\pi}{2} IB\, dx =}$$

$$A = \int_{x_0}^{\frac{L}{\pi}} F dx = \int_{x_0}^{\frac{L}{\pi}} \frac{L - x\pi}{2} IB dx = \frac{IB}{2} \int_{x_0}^{\frac{L}{\pi}} (L - x\pi) dx$$

T11-16

Шифр

$$= \frac{IB}{2}\left(Lx - \frac{x^2\pi}{2}\right)\Bigg|_{x_0}^{\frac{L}{\pi}} = \frac{IB}{2}\left(\left(\frac{L^2}{\pi} - \frac{L^2}{2\pi}\right) - \left(\frac{Lx_0 - x_0^2\pi}{2}\right)\right) =$$

$$= \frac{IB}{2}\left(\frac{L^2}{2\pi} - Lx_0 + \frac{x_0^2\pi}{2}\right) = \frac{IB}{4\pi}\left(L^2 - 2Lx_0\pi + x_0^2\pi^2\right) =$$

$$= \frac{IB}{4\pi}\left(L - x_0\pi\right)^2$$

$$A = \frac{mv^2}{2}$$

$$V_m = \sqrt{\frac{2A}{m}} = (L - x_0\pi)\sqrt{\frac{IB}{2\pi m}}$$

Ответ: $T_m = \sqrt{\frac{2\pi m}{IB}}$, $V_m = (L - x_0\pi)\sqrt{\frac{IB}{2\pi m}}$

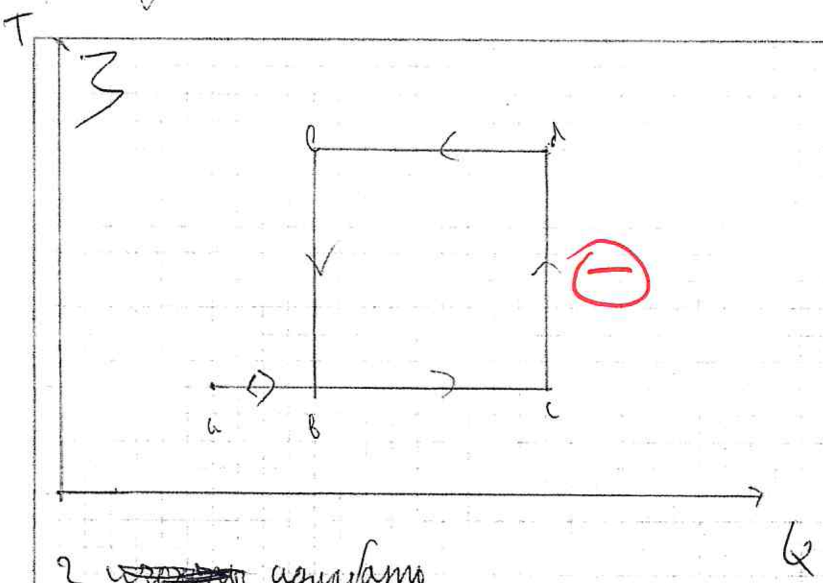
− +

9

Задача 3

Т11-16
Шифр

3

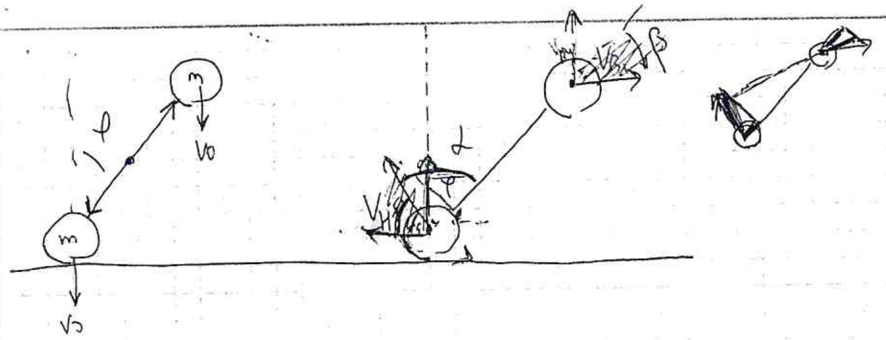


2 ~~изохор~~ адиабаты

2 изо~~хо~~термы

Просто построить две оси || отрезкам.

3



Пусть скорость нижнего шарика стала равна $V_н$, верхнего- $V_В$. ~~Тогда~~ Пусть также угол α, отсчитанный

~~от~~

Сразу после удара угол φ не изменился

Пусть горизонтальная скорость верхнего шарика равна V_{BX}. Тогда его вертикальная скорость равна $V_0 - V_{BX}\,ctg\,\varphi$

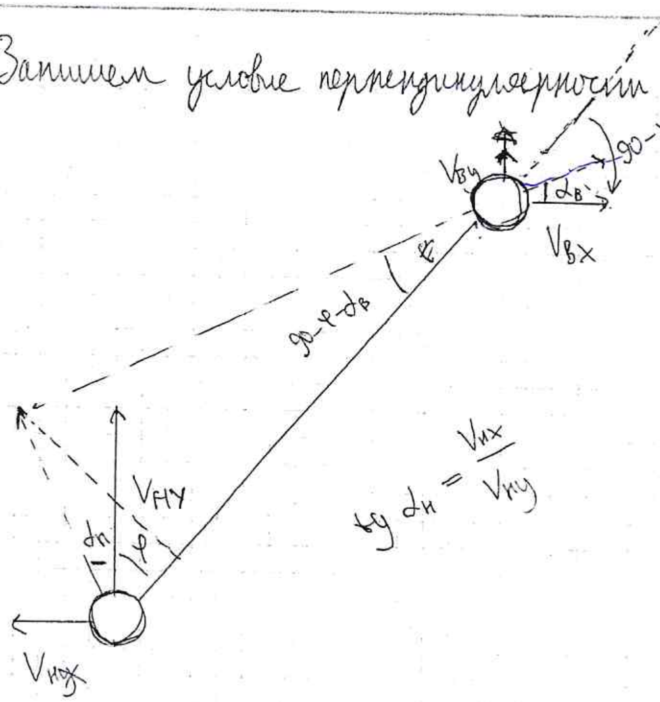
Горизонтальный импульс сохраняется, поэтому горизонтальная скорость нижнего шара ~~равна~~ $V_{HX} = -V_{BX}$

$$V_{HX}^2 + V_{HY}^2 + (V_0 - V_{BX}\,ctg\,\varphi)^2 + V_{BX}^2 = 2V_0^2 \quad - \text{ЗСЭ} \qquad (1)$$

~~$V_{HY}\cos\varphi = V_{HX}\sin\varphi = V_0 - V_{BX}\,ctg\,\varphi$ — несжимаемость стержня~~ (2)

~~$(V_{HY} + V_{BY})\cos\varphi + (V_{BX} - V_{HX})\sin\varphi$~~

Запишем условие перпендикулярности:



~~$\alpha_B = \operatorname{arctg} \frac{V_{By}}{V_{Bx}}$~~

$$tg\,\alpha_\beta = \frac{V_{By}}{V_{Bx}}$$

$$tg\,\alpha_H = \frac{V_{Hx}}{V_{Hy}}$$

$$\alpha_H + \varphi + (90 - \varphi) - \alpha_\beta = 90$$

$$\alpha_H = \alpha_\beta$$

$$\frac{V_{Hx}}{V_{Hy}} = tg(\alpha_\beta) = \frac{V_{\beta y}}{V_{\beta x}}$$

~~$V_{Bx}^2 = V_{By} \cdot V_{Hy} = (V_0 - V_{Bx}\,tg\,\varphi)(V_0 - V_{Bx}\,tg\,\varphi)$,~~

~~значит $V_{By} = V_{Hy} = V_{Bx}$, отсюда отсюда решением (1~~

$4V_{Bx}^2 = 2V_0^2$

$V_{Bx}^2 = V_0^2/2$

$V_{Bx} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

$V_{Bx} = V_0 - V_{Bx}\,ctg\varphi$

$\frac{1}{\sqrt{2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\,ctg\varphi$

$1 = \sqrt{2} - ctg\varphi$

$ctg\varphi = \sqrt{2}-1$

$\varphi = arcctg\sqrt{2}-1 = arcctg$

Несжимаемость стержня:

$V_{Hy}\cos\varphi - V_{Hx}\sin\varphi = V_{By}\cos\varphi + V_{Bx}\sin\varphi$

Получим систему уравнений (для абсолютных значений)

$$\begin{cases} V_{Hy}\cos\varphi - V_{Hx}\sin\varphi = V_{By}\cos\varphi + V_{Bx}\sin\varphi \\ \frac{V_{Hx}}{V_{Hy}} = \frac{V_{By}}{V_{Bx}} \\ V_{Hx}^2 + V_{Hy}^2 + V_{Bx}^2 + V_{By}^2 = 2V_0^2 \\ V_{By} = V_0 - V_{Bx}\,ctg\varphi \end{cases}$$

$V_{Hx} = V_{Bx}$

$$\begin{cases} V_{Hy}\,ctg\varphi - V_{Bx} = V_{By}\,ctg\varphi + V_{Bx} \\ V_{Hy}\cdot V_{By} = V_{Bx}^2 \\ V_{Hy}^2 + V_{By}^2 + 2V_{Bx}^2 = 2V_0^2 \\ V_{By} = V_0 - V_{Bx}\,ctg\varphi \end{cases}$$

Т11-16

Шифр

$$\begin{cases} V_{Hy}\, ctg\,\varphi = (V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi \cancel{+2V_{Bx}})\, ctg\,\varphi + 2V_{Bx} \\ V_{Hy}\cdot(V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi) = V_{Bx}^2 \Rightarrow V_{Hy} = \dfrac{V_{Bx}^2}{V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi} \\ V_{Hy}^2 + (V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi)^2 + 2V_{Bx}^2 = 2V_0^2 \end{cases}$$

$$\frac{V_{Bx}^2\, ctg\,\varphi}{V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi} = (V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi)\, ctg\,\varphi + 2V_{Bx}$$

$$\frac{V_{Bx}^4}{(V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi)^2} + (V_0 - V_{Bx}\, ctg\,\varphi)^2 + 2V_{Bx}^2 = 2V_0^2$$

$\cancel{V_{Bx}^2\, ctg\,\varphi =}$

$$\frac{V_{Bx}}{V_0} = x \qquad ctg\,\varphi = y$$

$$\frac{x^2 y}{1-xy} = (1-xy)\,y + 2x$$

$$\frac{x^4}{(1-xy)^2} + (1-xy)^2 + 2x^2 = 2$$

$$\frac{x^4}{t^2} + t^2 + 2x^2 = 2$$

$1-xy=t$

$1-xy = t$ $\quad t, x$

$y = \frac{1-t}{x}$

$\cancel{x=}$

$1-t = xy$

$\underline{1-t}$

$\cancel{x^2 y = 1-2xy+}$

$$\frac{x^2}{t} = t + \frac{2(1-t)}{\cancel{1-t}} = 2-t$$

$x^2 = (2-t)t$

Т11-16

Шифр

$$\frac{(2-t)^2 t^2}{\cancel{t^2}} + t^2 + 2(2-t)t = 2$$

$\cancel{((2-t)+t)^2 = 2}$ $\quad ((2-t)+t)^2 = 4$

$t^2 + (2-t)^2 + 2t(2-t) = 4$

$(2-t)^2 t^2 + \underbrace{t^2 + 2(2-t)t}_{=(2-t)^2} = 2$ $\quad t=0$

$(2-t)^2 t^2 + (2-t)^2 = 2$

$2 = (2-t)^2(1-t^2)$

$2 = (t^2-4t+4)(1-t^2) = t^2-4t+4-t^4+4t^3-4t^2$

$t^4-4t^3+3t^2+4t-2=0$

Методом подбора $t \approx 0{,}43$

$x = 0{,}43 \cdot 1{,}57 \approx 0{,}68$

$y = 0{,}57/0{,}68 \approx 0{,}83$

$\frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} = y$

$\operatorname{tg}\varphi = y^{-1}$ $\quad t \approx 0{,}42$

$\varphi = 0{,}88$ рад

$V_{Bx} = \cancel{0{,}15 V_0}\ 0{,}68 V_0$

$V_{By} = 0{,}44 V_0$

$V_{H\cancel{y}} = 0{,}68 V_0$

$V_{B\,\cancel{Hx}\,Hy} = 1{,}05 V_0$

$$\cancel{V_c = \sqrt{\left(\frac{V_{Bx} + V_{Ax}}{2}\right)^2 + \left(\frac{V_{By} + V_{Hx}}{2}\right)^2} =}$$

$$V_c = \sqrt{\left(\frac{V_{By} + V_{Hy}}{2}\right)^2 + \left(\frac{V_{Bx} + V_{Hx}}{2}\right)^2} = \sqrt{\cancel{1{,}5}\ 0{,}1^2 + 0^2} \approx 0{,}8 V_0$$

3

1	2	Σ
6	6	12

ФЭ11-16

Шифр

Региональный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР
г.Сочи, «Сириус»
25 января 2020 года

Олимпиадная работа

ФИО участника: Буняков Михаил Константинович

Дата рождения: 06.01.02

Класс: 11

Регион: Пермский край

Город: Пермь

Школа: МАОУ „СОШ №9 им. А.С. Пушкина с углублением изучением предметов физико-математического цикла."

Телефон: 89026432228

Эл. почта: ssssssss_8686@mail.ru

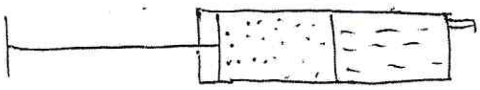
ФЭ11 – 16

Шифр

Задача № 1	Установка №
Название задачи: Газировка (II)	
$\Sigma_{до\ апелляции}$ = 6	$\Sigma_{после\ апелляции}$ =

Давайте аккуратно раскрутим крышку и наберем воды в шприц, зажмем его крышкой.

$V_{воды}$ = ~~9,5 мл ±~~ 10 мл ± 1 мл



Через некоторое время газ выйдет. $V_{газа}$ = ~~18~~ 10 мл ± 1 мл

Пусть $p_{атм} = 10^5$ Па ~~0~~°С с малой погрешностью, $T = 295$ K с малой погрешностью.

Тогда $\nu_{газ1} = \dfrac{p_{атм} V_{газа}}{RT}$ = ~~3,3·10^-4 моль~~ $4{,}1 \cdot 10^{-4}$ моль $\pm\ 0{,}4 \cdot 10^{-4}$ моль

$= (4{,}1 \pm 0{,}4) \cdot 10^{-4}$ моль

Сделаем так: выпустим газ и зажмем шприц, натянем ручку и тем самым уменьшим парциальное давление газа почти до нуля, интенсивно перемешивая. Тем самым мы выпустим оставшийся углекислый газ. $V_{газа} = 5$ мл ± 1 мл   Весь ли газ вышел?

$\nu_{газ2} = \dfrac{p_{атм} V_{газа}}{RT} = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ моль $\pm\ 0{,}4 \cdot 10^{-4}$ моль $= (2{,}0 \pm 0{,}4) \cdot 10^{-4}$ моль

ФЭ11-16
Шифр

Вышедший на этом этапе газ есть тот газ, который ~~о~~ оставался в воде на первом этапе.

~~$V_{газа} = 3_{ма} \pm P_{атм}$~~

$$(V_{газа2} + V_{газа1}) = \alpha \cdot T_{ж} \cdot p_{БУТ}$$

? $V_{газа2} = \alpha \cdot T_{ж} \cdot p_{АТМ}$?

$$p_{БУТ} = \frac{V_{газа2} + V_{газа1}}{V_{газа1}} p_{АТМ} = \left(\frac{V_{газа2}}{V_{газа1}} + 1\right)_{p_{атм}} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па} \pm 40 \; 600 \text{ кПа}$$

$$= (30 + 0{,}6) \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\alpha = \frac{V_{ж} \cdot p_{АТМ}}{p_{АТМ} V_{газа2}} = \frac{10^{-5} \cdot 10^{-5}}{2{,}0 \cdot 10^{-11}} = \cancel{5 \cdot 10}\; 5000 \pm 1500 \left(\frac{моль}{Па \cdot м^3} \cdot 10^{-10}\right) \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 10^{-5}} \Big) ?$$

непонятно

Давление на стенки мало, так как убрать заглушку ~~на~~ нужно совершить существенно меньшее усилие, чтобы продвинуть поршень

п.п.	баллы
1	0
2	1
3	1
4	2
5	0
6	2
7	0
8	0
9	0
	6

1 | 2 | Σ
6 | 6 | 12

ФЭ11-16

Шифр

Региональный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР
г.Сочи, «Сириус»
25 января 2020 года

Олимпиадная работа

ФИО участника: Бусяков Михаил Константинович

Дата рождения: 06.01.02

Класс: 11

Регион: Пермский край

Город: Пермь

Школа: МАОУ „СОШ №9 им. А.С.Пушкина с углубленным изучением предметов физико-математического цикла"

Телефон: [illegible]

Эл. почта: [illegible]

ФЭЛ-16
Шифр

Задача № 11.2	Установка №
Название задачи: Упругая лента	
$\Sigma_{до\ апелляции}$ = 6	$\Sigma_{после\ апелляции}$ =

Чтобы удостовериться в равенстве длин натянутой ленты и участка уголка, будем натягивать горизонтально, а затем поворачивать.

h, см	P, сН	ln h	ln P
0,7	30	−0,35	
1,2	40	0,11	3,40
1,6	50	0,47	3,7
2,0	60	0,7	3,7
2,5	70	0,92	4,1
3,1	80	1,13	4,2
? ~~4,2~~ 3,6 ?	90	1,28	4,4
? ~~4,3~~ 4,25	100	1,45	4,5
~~5,0~~ 5,3	110	1,67	4,6
6,80	120	1,8	4,7
			4,8

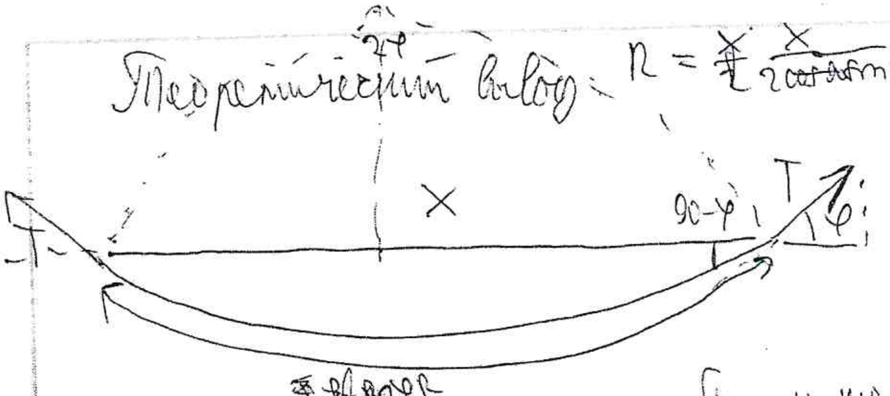
сдвиг на графике +ln 10 не вливает

ФЭ11-16

Шифр

Теоретический вывод: $R = \frac{x}{2\sin\varphi}$

$L_0 = 128{,}3$ см; $\frac{\varphi}{\sin\varphi}x$



$W = 5{,}5$ см (ширина)

Пусть d – толщина

Если свернуть резинку в

$\cancel{d\cdot L_0 = \pi\cdot 1{,}65^2 - \pi\cdot 0{,}3^2}$

$\cancel{d = \frac{\pi\cdot 1{,}65^2 - \pi\cdot 0{,}3^2}{L_0\ 128{,}3}} =$ $L:=x$

$d = \frac{27}{38}$ см $\approx 0{,}7$ мм – толщина

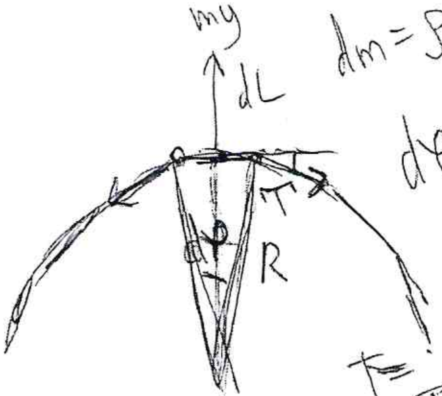
$m = \rho\cdot d\cdot L\cdot w$

$mg = 2T\sin\varphi$

$dm = \rho d(dL)w$

$d\varphi\cdot R = dL$

$dL = \frac{d\varphi}{R}$



$T = 2\sin\frac{d\varphi}{2} = \varphi$

Найдем T, разбив резинку на промежутки длины dL

$\cancel{mg = \rho d\cdot L\cdot wg = 2T\sin\varphi}\ 2\cdot\rho d\cdot R\cdot wg\cdot\sin\varphi$

$L = 2\cdot R\sin\varphi$

$T\cdot d\varphi = dmg = \rho d(d\varphi)Rwg$

$T = \rho dRwg$

ФЭ11-16

Шифр

$h = R - R\sin\varphi = \frac{L}{2\sin\varphi}(1-\sin\varphi)$

$T = mg$ $S = dw$

$\rho' d R w g = E S \frac{\Delta L}{L}$

$\rho g \frac{x}{2\sin\varphi} = E \frac{\left(\frac{\varphi}{\sin\varphi}-1\right)x}{x}$

$B = \frac{\rho g}{2E}$

$x \sim \varphi^3$

$Bx = \varphi - \sin\varphi = \frac{\varphi^3}{6}, \quad \varphi \sim \sqrt[3]{x}$

$\varphi = \sqrt[3]{6Bx}$

$\varphi^3 = 6Bx$

$h = \frac{x}{2\sin\varphi} - \frac{x}{2} = \frac{x}{2}\cancel{\left(\frac{x}{2\sin\varphi}(1-\sin\varphi)\right)} =$

$= \cancel{\frac{x}{\sqrt[3]{6Bx}\,6}}$

$\frac{\varphi^2(6-\varphi)}{6-\varphi^2}$

$h = \frac{\varphi^3}{\sin\varphi} - \varphi^3 \qquad \frac{\varphi^3}{\varphi - \frac{\varphi^3}{6}} - \varphi^3 = \frac{6\varphi^2}{6-\frac{\varphi^2}{6}} - \varphi^3 =$

φ^2

$= 6\varphi^2 - \varphi^3 \quad \varphi \ll 1 \sim 6\varphi^2$

$h \sim \varphi^2$

$\frac{\varphi^3(6-\varphi^2)}{6-\varphi^2}$

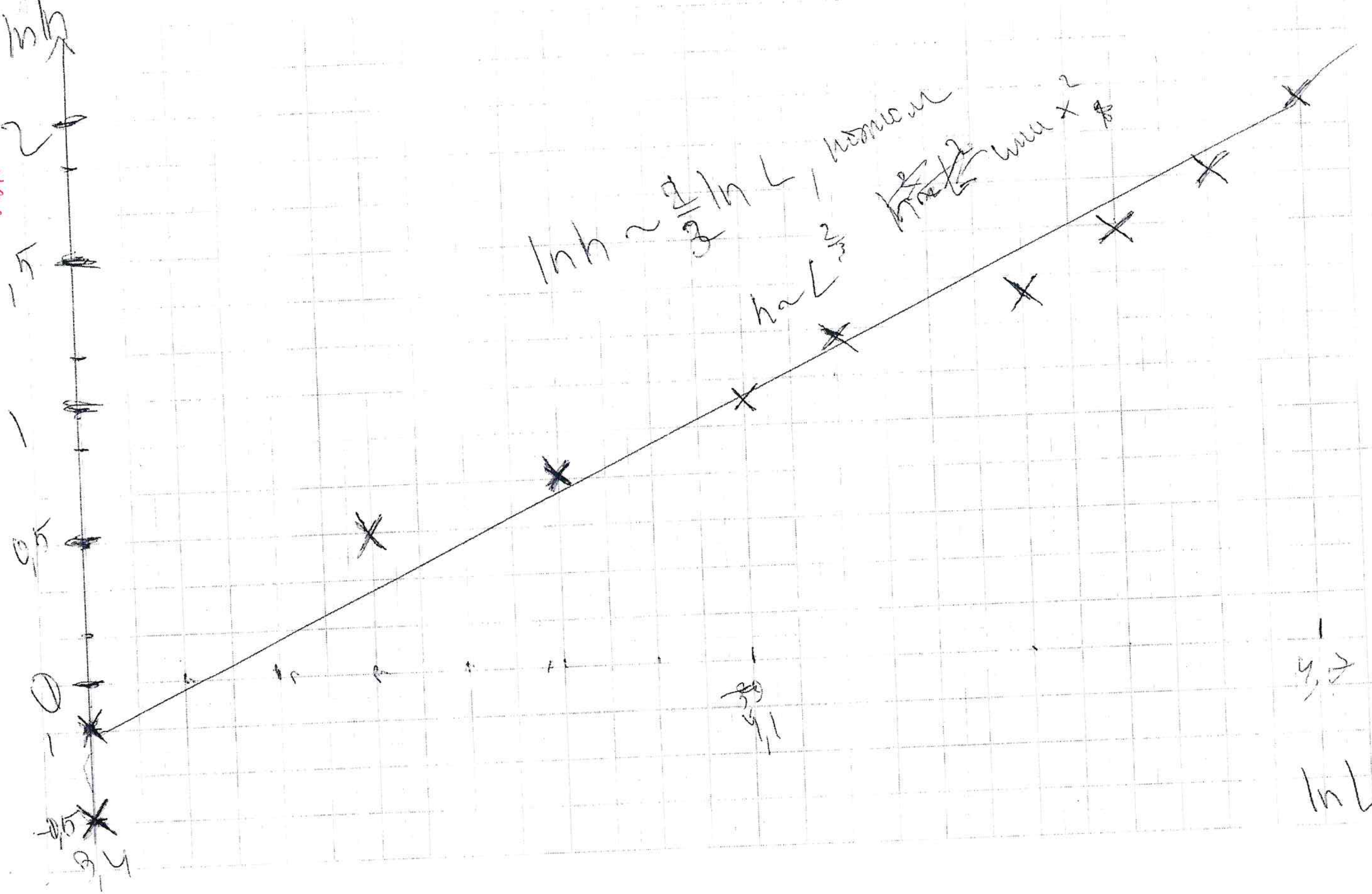
$h^{3/2} \sim x$ — ✓ - из графика

$6\varphi^2 - 6\varphi^3 + \varphi^5$

1. 4б
2. 1б
3. 0б
4. 1б
5. 0

6б

Ф211-16



9211-16