Шифр:

С-30

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап

физика

2018/2019

Ленинградская область

Район Гатчинский

Школа Сиверская гимназия

Класс $11^2$

ФИО Лукашов Никита Вадимович

Чистовик

С-30

№1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 4 | 10 | 0 | 0 | 15 |

1. Автомобиль движется благодаря силе трения покоя, действующим на колесо.

2. Если $F_{тяги} > F_{тр.ск.}$, то колёса будут просто проскальзывать, поэтому $F = F_{тр.ск.}$ – максимальная сила, под действием которой может двигаться автомобиль.

3. Рассмотрим автомобиль на первом участке:

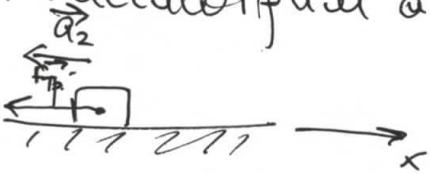

$x:\ F = ma_1;\ F = \mu mg = F_{тр.ск.}$

$a_1 = \mu g.$

ЗСЭ: $\frac{m\upsilon_г^2}{2} = \mu mgL;\ \upsilon_г = \sqrt{2\mu gL} = \upsilon_0.$

$L = \frac{a_1t_1^2}{2};\ t_1 = \sqrt{\frac{2L}{a_1}} = \sqrt{\frac{2L}{\mu g}}.$

4. Рассмотрим автомобиль на втором участке:




$-F_{тр} = -ma_2$

$-2\mu mg = -ma_2;\ a_2 = 2\mu mg.$

ЗСЭ: $-\frac{m\upsilon_0^2}{2} = -2\mu mgx;\ x = \frac{L}{2}$ – расстояние, которое проехал автомобиль до остановки.

$\frac{L}{2} = \frac{a_2t_2^2}{2}$ (из принципа обратимости движения: автомобиль тормозил с $a_2$ и $\upsilon_0$ $\Leftrightarrow$ автомоб. разг. с $a_2$ до $\upsilon_0$ с нул. нач. скор.).

$t_2 = \sqrt{\frac{L}{a_2}} = \sqrt{\frac{L}{2\mu g}}.$

15

5. $t_п = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{L}{2\mu g}} + \sqrt{\frac{2L}{\mu g}} = 3\sqrt{\frac{L}{2\mu g}}.$

6. Из ЗСЭ для первого участка: $\frac{m\upsilon_x^2}{2} = \mu mgx$ (нуль на старте)

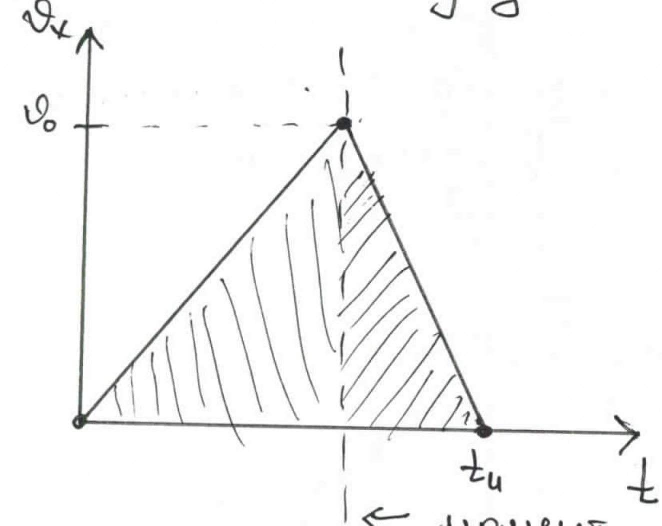
С другой стороны, $x = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{\mu g t^2}{2}$.

$\frac{v_x^2}{2} = \mu g \cdot \frac{\mu g t^2}{2}$, $v_x = \mu g t$.

Аналогично, для второго участка:

$v_x = v_0 - 2\mu g t$.

Ответ: $t_u = 3\sqrt{\frac{L}{2\mu g}}$; $v_0 = \sqrt{2\mu g L}$;




← момент прохождения автомоб. границы.

№3.

1. Пусть в начальный момент времени, у He в обоих частях сосуда было давление $p_0$, темп. $T_0$ и объём $V_0$.
2. Пусть объём левой части стал $V_0(1+\alpha)$; тогда объём правой: $V_0 \cdot (1-\alpha)$; и давления соотв. $p$.
3. Рассмотрим гелий во второй части: он по условию тепло не отдавал и не принимал $\Rightarrow$ по ~~втор~~ первому закону термодинамики: $\Delta U_2 = -A'$; $\Delta U_2 = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_2 = \frac{3}{2} R \Delta T_2$ т.к. $\nu = 1$ моль.
4. По уравнению Клапейрона: $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p V_0 (1+\alpha)}{T_0 + \Delta T_1}$. Т.к. $\Delta T_1 \ll T_0$, то $p_0 \approx p(1+\alpha)$.
5. Будем считать, что $p \approx const = p$, т.к. $\alpha$ очень мало $\Rightarrow$ $A' = -p\Delta V = -\alpha p V_0$

Чистовик

Отсюда, $\frac{3}{2}R\Delta T_2 = +\alpha p V_0$. $\Delta T_1 = \Delta T$.

6. По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$pV_0(1+\alpha) = R(T_0+\Delta T_1)$.

Значит, $\frac{3}{2}R\Delta T_2 = \frac{\alpha R(T_0+\Delta T_1)}{1+\alpha}$; $\frac{3}{2}\Delta T_2 = \frac{\alpha T_0 + \alpha\Delta T_1}{1+\alpha}$.

7. Снова по уравнению Клапейрона:

$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p(1-\alpha)V_0}{T_0+\Delta T_2}$; $\frac{p(1+\alpha)V_0}{T_0+\Delta T_1} = \frac{(1-\alpha)V_0 p}{T_0+\Delta T_2}$; $\frac{1+\alpha}{T_0+\Delta T_1} = \frac{1-\alpha}{T_0+\Delta T_2}$;

$T_0 + \Delta T_2 + \alpha T_0 + \alpha\Delta T_2 = T_0 + \Delta T_1 - \alpha T_0 - \alpha\Delta T_1$;

$\Delta T_2(1+\alpha) + 2\alpha T_0 = \Delta T_1 - \alpha\Delta T_1$;

$\alpha T_0 = \frac{\Delta T_1 - \alpha\Delta T_1 - \Delta T_2(1+\alpha)}{2}$.

8. $\frac{3}{2}\Delta T_2 = \frac{\Delta T_1 - \alpha\Delta T_1 - \Delta T_2(1+\alpha) + 2\alpha\Delta T_1}{2(1+\alpha)} = \frac{\Delta T_1(1+\alpha) - \Delta T_2(1+\alpha)}{2(1+\alpha)}$;

$3\Delta T_2 = \Delta T_1 - \Delta T_2$; $\Delta T_2 = \frac{\Delta T_1}{4} = \frac{\Delta T}{4}$ !

9. Для He в левой части: $Q = \Delta U_1 + A' = \Delta U_1 + \Delta U_2 =$
$= \frac{3}{2}R\Delta T_1 + \frac{3}{2}R\Delta T_2 = \frac{15}{8}R\Delta T$ (т.к. $A_1' = -A_2' = \Delta U_2$).

Ответ: $\Delta T_2 = \frac{\Delta T}{4}$; $Q = \frac{15}{8}R\Delta T$. + + / 10

№ 2.

1. Энергия шарика в т. A : $W_A = -\frac{GmM}{r}$, где M – ~~ма~~ масса планеты, m – масса шарика, r – половина главной диагонали куба.

2. Энергия шарика в т. O : $W_0 = \frac{mv_1^2}{2}$. Нетрудно

заметить, что в этой точке он этой планетой не притягивается, т.к. для любой массы планеты $\Delta m$ существует точно такая же масса $\Delta m_i$ центрально симметричная $\Delta m$ $\Rightarrow \vec{R}=\vec{0}$.

3. ЗСЭ: $0-\left(-\frac{GmM}{r}\right)=\frac{mv_1^2}{2}$.

4. ~~Чтобы~~ Шарик вылетит из поля тяготения планеты на бесконечности. Там он имеет $W_\infty=\frac{mv_2^2}{2}$, где ~~$W_2$~~ $v_2$ – искомая скорость. $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{mv_2^2}{2}=\underset{(ЗСЭ)}{\frac{GmM}{r}}=\frac{mv_1^2}{2};\ v_1=v_2.$$

Ответ: $v_2=v_1$.

№ 4

1. После того, как бусинку положили на корку, на неё сразу начинает действовать $F_ц$ ~~от~~, направленную от оси вращения сосуда. ~~Т.к.~~

2. Т.к. трения нет, то бусинку просто прижмёт к стенке сосуда, или просто вылетит из него, если стенок нет.

3. Поскольку масса бусинки ничтожна, то на вращение корки льда она никак не повлияет. Значит бусинка будет вращаться вместе с сосудом с периодом $T=T_0$.

Ответ: $T=T_0$.

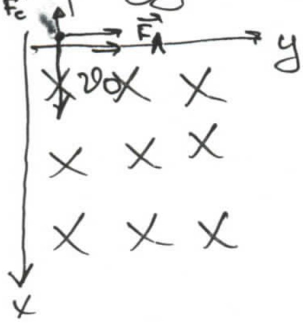
№ 5

1. На частицу в магнитном поле действует сила Лоренца: $F_л=qBv$.

2. Т.к. $F_л \sim v$ и $F_c \sim v$, то $\frac{F_л}{F_c}=const \Rightarrow$ полное

черновик

ускорение частицы всё время её движения образует с вектором скорости один и тот же угол.



3. Покажем, что в момент, когда скорость частицы стала противонаправленой, то она остановилась.

4. Введём систему координат.

$a_{oy} = \frac{qBv_0}{m}$; ~~$a_y \sim a \sim v$~~

$a_y \sim a \sim v$; $v_y \sim a_y \sim v$.

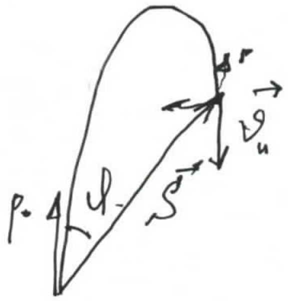
Значит, когда ~~част~~ скорости стали противонаправлены, то $v_{y_{новое}} = 0 \Rightarrow v = 0$.

4. $F_Л \perp v \Rightarrow F_Л$ работы не совершает.

5. ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = A'_{F_c}$ – до полной остановки.

6. $p_0 = F_c \cdot t$

7. Частица летела по какой-то траектории, длину которой просят найти.



8. Без Fc это была бы окружность, ~~но~~ но с $F_c$ переменны обе силы.

0 мол

Чистовик №1 (Задача 11.1). С-30

1. С помощью скотча прикрепим линейку к деревянной палке так, чтобы её нуль был на уровне резинки, и с помощью двух канцелярских клипс прикрепим ~~её~~ установку к столу.

2. Проведём непосредственные измерения: наматываем гайки на нитку и с помощью большой скрепки (2) прикрепляем к центру резинки и записываем измерения:

| № | Кол-во гаек | h, см | общая масса гаек со скрепкой, г | F, Н с учётом $g = 9{,}8\ \frac{м}{с^2}$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | $1{,}3 \pm 0{,}1$ | $12{,}0 \pm 0{,}5$ | $0{,}12 \pm 0{,}01$ |
| 2 | 2 | $2{,}5 \pm 0{,}1$ | $22 \pm 1$ | $0{,}22 \pm 0{,}01$ |
| 3 | 3 | $3{,}2 \pm 0{,}1$ | $32{,}0 \pm 1{,}5$ | $0{,}31 \pm 0{,}02$ |
| 4 | 4 | $4{,}1 \pm 0{,}1$ | $42 \pm 2$ | $0{,}41 \pm 0{,}02$ |
| 5 | 5 | $4{,}9 \pm 0{,}1$ | $52{,}0 \pm 2{,}5$ | $0{,}51 \pm 0{,}03$ |
| 6 | 6 | $5{,}3 \pm 0{,}1$ | $62 \pm 3$ | $0{,}61 \pm 0{,}03$ |

(1)

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 4 | 3 | 7 |

ЮЛ

На основании этих данных построим график — см. лист миллиметр. бумаги.

3. Заметим, что первые три измерения практически лежат на одной прямой.

4. Отсюда можно сделать вывод, что при малых h $h(F)$ — прямая.

5. И нетрудно понять, что пересечение этой прямой с осью F и есть $T_0$, т.к. $h=0$.

6. Из графика: $T_0 = 0{,}008$ Н $= 8$ мН.

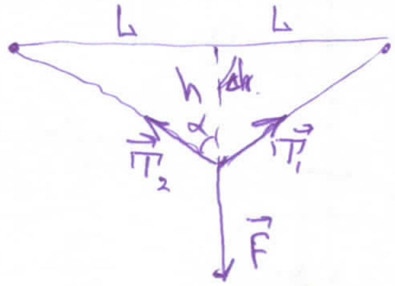
~~7. С помощью линейки замерим начальную длину резинки $l_0$: $l_0 = 27{,}6 \pm 0{,}1$ см.~~

~~8. Также с помощью линейки измерим расстояние между саморезами L: L = 30,0 ± 0,1 см.~~

~~9.~~ $\cancel{F_y = k \cdot \Delta x, \quad F_y = T_0 \Rightarrow k = \frac{T_0}{\Delta x} = \frac{T_0}{L - l_0}}$

$\cancel{k = \frac{8 \cdot 10^{-3} H}{30 -}}$

7. k ш найдём следующим образом:




Представим резинку в виде двух одинак. резинок, соедин. последовательно. Тогда их $k_x = 2k$. (т.к. жёсткость системы резинок, пружин вычисляется как $\frac{1}{k} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i}$).

$F = 2 \cdot T \cdot \cos\alpha$ (т.к. $T_1 = T_2 = T$)

$T = F_{y1} = k_x \cdot \Delta x = 2k\,\Delta x = 2k \cdot \left(\sqrt{L^2 + h^2} - L\right)$ (1)

$\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 + h^2}}$; $F = 2 \cdot 2k \cdot \left(\sqrt{L^2 + h^2} - L\right) \cdot \frac{h}{\sqrt{L^2 + h^2}}$;

$$\boxed{k = \frac{F\sqrt{L^2 + h^2}}{4h \cdot \left(\sqrt{L^2 + h^2} - L\right)}}$$

L = 15,0 ± 0,1 см - измеряем линейкой

Найдём k для первых трёх измерений, т.к. при них h мало => они выражают наиболее точно k.

$k_1 = \frac{0{,}12\,Н \cdot \sqrt{15^2 + 1{,}3^2}}{4 \cdot 1{,}3 \cdot 10^{-2}\,м \cdot \left(\sqrt{15^2 + 1{,}3^2} - 15\right)} \approx 40\,\frac{Н}{м}$

$k_2 = \frac{0{,}22\,Н \cdot \sqrt{15^2 + 2{,}3^2}}{4 \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-2}\,м \left(\sqrt{15^2 + 2{,}3^2} - 15\right)} \approx 31\,\frac{Н}{м}$

$k_3 = \frac{0{,}31\,Н \cdot \sqrt{15^2 + 3{,}1^2}}{4 \cdot 3{,}1 \cdot 10^{-2}\,м \left(\sqrt{15^2 + 3{,}1^2} - 15\right)} \approx 35\,\frac{Н}{м}$

$k = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$

$k \approx 35\,\frac{Н}{м} \pm 10\,\frac{Н}{м}$

4 мах

чистовик

Ответ: $T_0 \approx 8$ мН; $k \approx 35\,\frac{Н}{м}$.

Вывод: была снята зависимость h от F, но, к сожалению, с очень маленькой точностью, поскольку массы гаек приходилось складывать. Так же можно заметить, что измерения 4, 5 и 6 не ложатся на одну прямую, а график "загибается", что полностью соответствует теории свойств вещества. ($\sigma = E\cdot\varepsilon$ и к $\delta\sigma_{п.т.}$ график загибается).

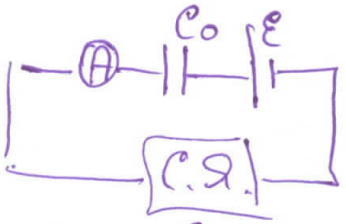
№2

1. $\mathcal{E} = 1{,}60 \pm 0{,}01$ В — ЭДС батарейки.

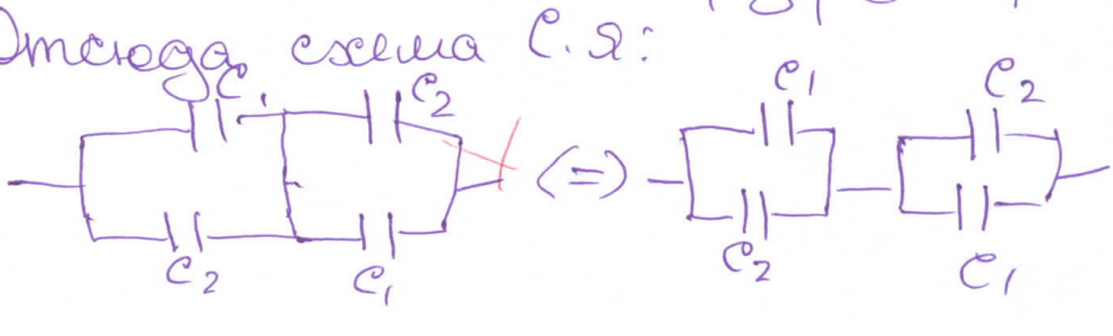
~~2. Составим такую цепь:~~


~~Заметим, что амперметр показывает ток 0 А ⇒ процессы в С.Я. устаканились и тока через резистор нет. Отсюда следует, что~~

2. Составим такую цепь:




Через некоторое время ток в цепи перестаёт идти, значит все процессы в сером ящике "устаканились" и тока через резистор R нет. Отсюда, схема С.Я.:



И отсюда ёмкость $C$ серого ящика:
$C = C_1 + C_2$.

3. Напряжение на $C_0$: ~~≈ 750 мВ~~ →
$q = C_0 U_0$; $U_0 \approx 770$ мВ.

4. На С.я такой же заряд $q$ ⟹ $C_1 + C_2 = \frac{q}{U_{с.я}}$;
$U_{с.я} \approx \cancel{800}\ 815$ мВ; $C_1 + C_2 = \frac{C_0 U_0}{U_{с.я.}}$

$C_1 + C_2 = \cancel{\frac{750\text{ мВ}}{800\text{ мВ}}}\ \frac{770\text{ мВ}}{815\text{ мВ}} \cdot 1\text{ мФ} \approx 0{,}94\text{ мФ}$.

$\varepsilon_{U_0} = 1\%$

$\varepsilon_{U_{с.я}} = 1\%$ ⟹ $\varepsilon_{C_1+C_2} = 22\%$; $\Delta(C_1 + C_2) = 0{,}2$ мФ

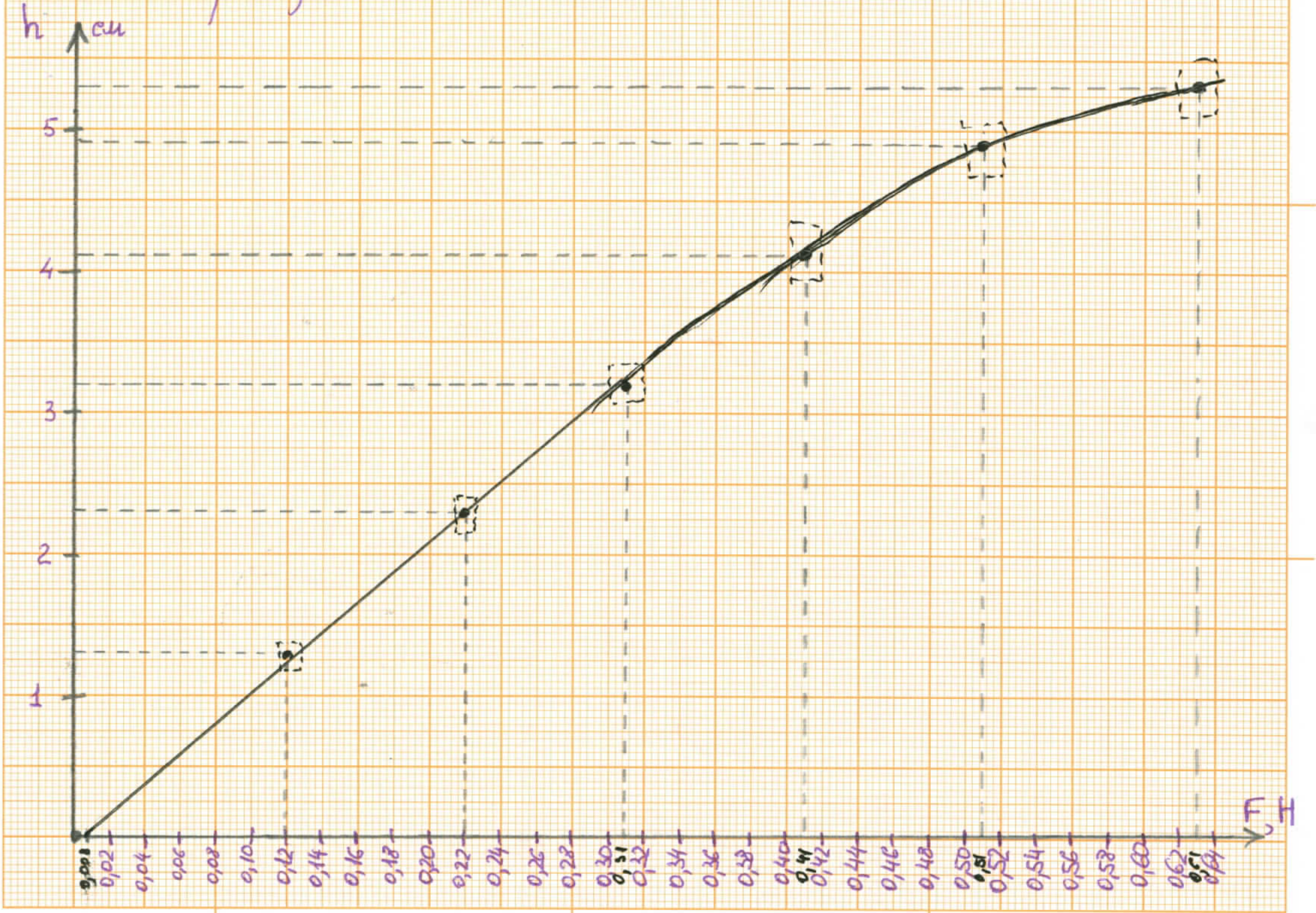
$\varepsilon_{C_0} = 20\%$

⇓

$C_1 + C_2 = (0{,}9 \pm 0{,}2)$ мФ.

5. Осталось только найти другое соотноше-ние на $C_1$ и $C_2$ ...

График



h
см
5
4
3
2
1
F, H
0,008
0,02
0,04
0,06
0,08
0,10
0,12
0,14
0,16
0,18
0,20
0,22
0,24
0,26
0,28
0,30
0,31
0,32
0,34
0,36
0,38
0,40
0,41
0,42
0,44
0,46
0,48
0,50
0,51
0,52
0,54
0,56
0,58
0,60
0,62
0,61
0,64