Шифр: С-32

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап
по физике
2018/2019
Ленинградская область

Район Гатчинский

Школа МБОУ „Сиверская гимназия"

Класс 11

ФИО Ушков Даниил Анатольевич

Чистовик

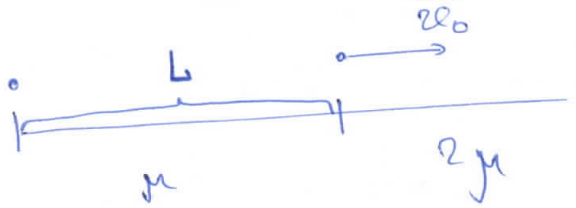
№1

С-32

1	2	3	4	5	Σ
1	4	5	0	1	11

Дано: L, μ, 2μ

Найти: t - ?



Мин. время остановки на 2-ом участке t_2, тогда: $v_0 = \cancel{t\cdot}\ 2\mu g \cdot t_2$

$t_2 = \frac{v_0}{2\mu g}$ ($2\mu g$ - макс. ускорение при торможении).

$L = \frac{a t_1^2}{2}$, t_1 - время разгона. $t_1 = \sqrt{\frac{2L}{a}}$

$v_0 = a \cdot t_1$; $2\mu g \cdot t_2 = a \cdot t_1$ => Чем больше время разгона, тем больше время торможения.

Мин. время будет достигаться при мин. t_1

$t_1 = \sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$ ~~t_1 - мин~~ μg - ~~мин.~~ макс. ускор. на 1-ом участке.

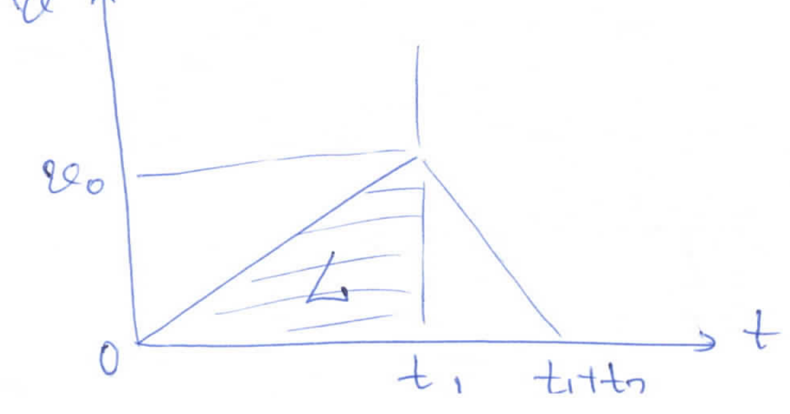
$t_2 = \frac{\mu g}{2\mu g}\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$; $t_1 + t_2 = t = \sqrt{\frac{2L}{\mu g}}\left(\cancel{\mu g}\, 1 + \frac{1}{2}\right) =$

$= 1{,}5\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$; $v_0 = \mu g \cdot \sqrt{\frac{2L}{\mu g}} = \sqrt{2\mu g L}$ 15

Ответ: $1{,}5\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$, $\sqrt{2\mu g L}$

15

График!

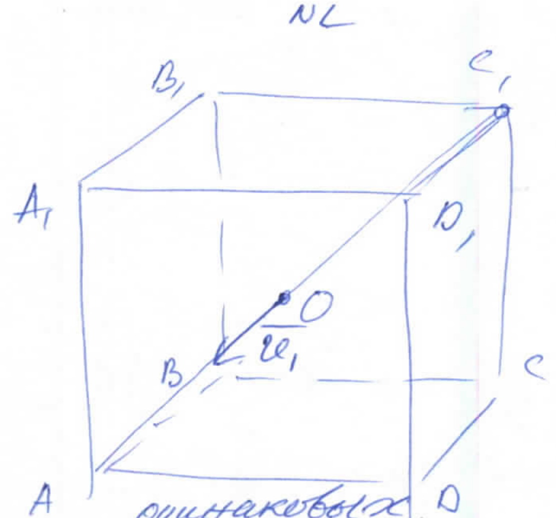


1

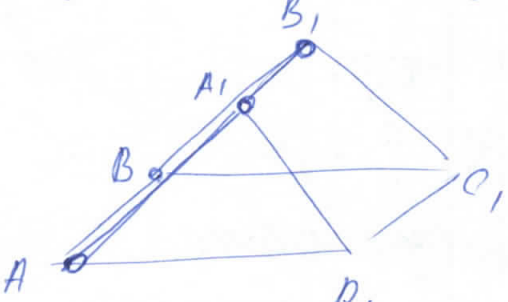
v_2 — ?

v_1

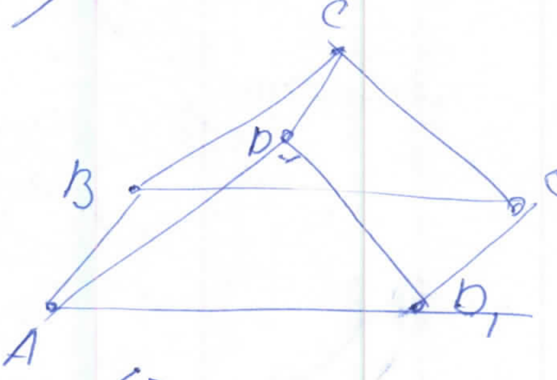
$\cancel{v_2}$



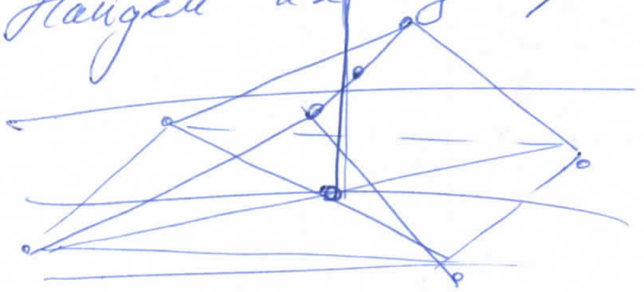
Разделим куб на два одинаковых многогранника:

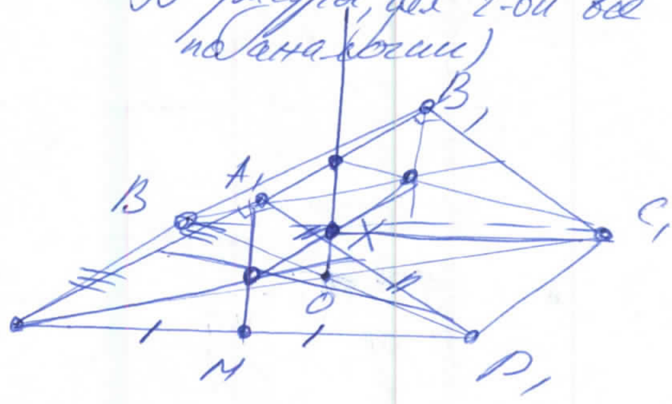


и



Найдем их центры масс (будем искать для 1-ой фигуры, для 2-ой все по аналогии)





Он находится на перпендикуляре к пл. (ABC_1) в точке O. (симметрия) и на ~~пересечении~~ отрезке, соед. точки пересеч. медиан $\triangle AA_1D_1$ и $\triangle BB_1C_1$ (точка пересеч. медиан — центр масс треугольника)

Обозначим его X.

Пусть ребро куба — r, тогда $\cancel{AD}$ $AC_1 = \sqrt{3r^2} = r\sqrt{3}$,

$OC_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}r$. A_1M ~~(медиана из прям. угла)~~ =

$= \frac{AD_1}{2} = \frac{\sqrt{r^2+r^2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}r$ (медиана, провед. из прям. угла)

Чистовик
С-32

$OX = \frac{A_1 H}{3}$ (по св-ву медиан)

$OX = \frac{\sqrt{2}}{6} r \Rightarrow XC_1 = \sqrt{\frac{2}{36} r^2 + \cancel{3r^2} \frac{3}{4} r^2} =$

$= \sqrt{\frac{2+27}{36} r^2} = \frac{\sqrt{29}}{6} r$?

Энергия в т. A (из условия): $W_A = -G \frac{\frac{M}{2} \cdot m}{\cancel{OX^2}\ XC_1} \cdot 2 =$

$= \cancel{-G \frac{36 Mm}{29 r}} = -G \frac{6 Mm}{\sqrt{29} \cdot r}$

Энергия в т. O: $W_O = -G \frac{\frac{M}{2} \cdot m}{OX} \cdot 2 + \frac{m v_1^2}{2} =$

$= -\frac{G \cdot 6 Mm}{\sqrt{2} r} + \frac{m v_1^2}{2}$

$W_A = W_O$; $-G \frac{6 Mm}{r\sqrt{29}} + G \frac{6 Mm}{r\sqrt{2}} = \frac{m v_1^2}{2}$;

$G \frac{M}{r} \left(\frac{6}{\sqrt{2}} - \frac{6}{\sqrt{29}} \right) = \frac{v_1^2}{2}$; $G \frac{M}{r} = v_1^2 \left(\frac{1}{\frac{12}{\sqrt{2}} - \frac{12}{\sqrt{29}}} \right) \approx$

$\approx 6{,}26 \cdot v_1^2$

Чтобы тело смогло покинуть поле тяготения планеты, необходимо, чтобы его энергия на бесконечности была равна 0.

$\frac{m v_2^2}{2} - G \frac{Mm}{r\sqrt{2}} = 0$ ($r\sqrt{2}$ - расстояние до центра масс куба); $v_2^2 = G \frac{M}{r} \cdot \sqrt{2}$; $v_2^2 = 6{,}26 \cdot \sqrt{2} \cdot v_1^2$;

$v_2 = v_1 \sqrt{6{,}26 \cdot \sqrt{2}}$; $v_2 = 2{,}97\, v_1$

Ответ: $2{,}97\, v_1$ 4 Д

3

№5

1) l	2) $|\bar{S}|$
p_0	
φ	

$F_{сопр} = \beta v(t)$ (β - какой-то коэфф.)

$v(t) = v_0 - \int_0^t \frac{F_{сопр}}{m} dt \Leftrightarrow$

Направ. векторов?

$v(t) = v_0 - \frac{\beta}{m} \int_0^t v(t) dt \Leftrightarrow$

$v(t) = v_0 - \frac{\beta}{m} s(t)$ ($s(t)$ - путь)

Найдем угл скор. изм. напр. вектора:

$Bq\, v(t) = m \cdot \frac{v^2(t)}{R} \Leftrightarrow \frac{Bq}{m} = \frac{v(t)}{R} \Leftrightarrow \omega = \frac{Bq}{m}$

В момент остановки: $v = 0$;

$0 = v_0 - \frac{\beta}{m} l$; $l = \frac{p_0}{\beta}$. (+)

Осталось найти β.

1 ~~0~~ балл

(4)

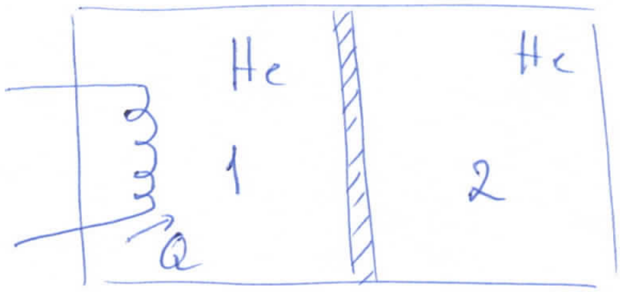
Чистовик

С-32

№3

$Q, \Delta T_2 - ?$

ΔT
$\nu = 1$ моль



1) I закон термодинамики для 1-ого газа:

$Q = A_1' + \Delta U_1$; для 2-ого газа: $A_2' = -\Delta U_2$

т.к. у газов общая перегородка: $A_1' = -A_2'$

$\Rightarrow Q = \Delta U_1 + \Delta U_2$; $\underline{Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \frac{3}{2}\nu R \Delta T_2}$ +

2) Для 1-ого газа:

$p_1 \cdot \alpha V - pV = \nu R\Delta T$, где p_1 - конеч. давл., αV - конеч. объем

$p_1 \cdot (2-\alpha)V - pV = \nu R \Delta T_2$, p_1 - конеч. давл., $(2-\alpha)V$ - конеч. объем

p, V - нач. ~~объем~~ давл. и объем.

3) Для 2-ого газа: $p\cancel{V^\gamma} = p_1 \cdot \cancel{V^\gamma} (2-\alpha)^\gamma$?

(адиаб. проц., γ - показ. адиабаты)

$p = p_1 \cdot (2-\alpha)^\gamma$

4) $\frac{p}{(2-\alpha)^\gamma}\cdot\alpha V - pV = \nu R\Delta T$; $\frac{p(2-\alpha)}{(2-\alpha)^\gamma}\cdot V - pV = \nu R\Delta T_2$

$$\Rightarrow \frac{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^\gamma} - 1}{\frac{2-\alpha}{(2-\alpha)^\gamma} - 1} = \frac{\Delta T}{\Delta T_2}$$

5

(5)

Чистовик е-32

Задание 11.1

1	2	Σ
2	8	10

1) Будем подвешивать на цепочку 1, 2, ..., 6 гаек на скрепке, прикреп. скотчем. (1)

Каждый раз будем измерять h и считать F:

	F, H	h, мм	ε_F	~~ΔF~~
1	0,12	14	0,042	~~0,02~~
2	0,22	25	0,045	~~0,07~~
3	0,31	32	0,047	~~0,13~~
4	0,41	41	0,048	~~0,21~~
5	0,51	48	0,048	~~0,29~~
6	0,61	54	0,048	~~0,37~~

ε_{F_n} – отн. погр. F_n.

$\cancel{F = (m\cdot n + 2)\cdot 9{,}8}$ $\quad F = m_n \cdot g$

(1) $F = (m\cdot n + 0{,}002)\cdot 9{,}8$

$\cancel{\Delta F = 0{,}0005\cdot n\cdot 9{,}8}$

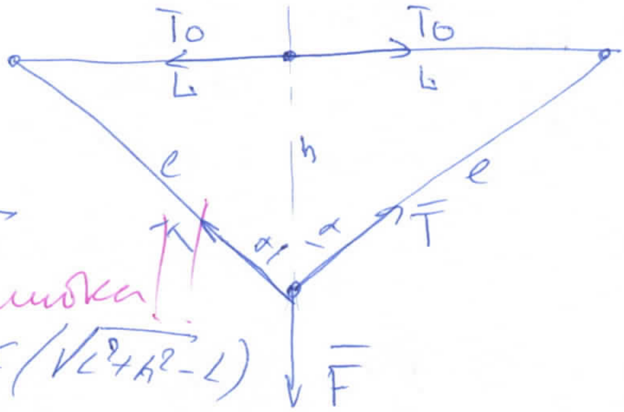
n – кол-во гаек, m – масса гайки

$$\varepsilon_{m_n} = \frac{0{,}5\cdot 10^{-3}\cdot n}{m\cdot n + 0{,}002}; \quad \varepsilon_g = 0$$

$$\varepsilon_{F_n} = \varepsilon_{m_n} + \varepsilon_g = \varepsilon_{m_n}; \quad \cancel{\varepsilon_m}\ \Delta \quad \varepsilon_{F_n} = \frac{0{,}5\cdot 10^{-3}\cdot n}{0{,}0100\cdot n + 0{,}0020}$$

2) График на другом листе

3) $F = 2T\cos\alpha$ (модули)



$T = T_0 + k(l - L)$

$\cancel{\cos\alpha = \frac{L}{l}}$; $l = \sqrt{L^2+h^2}$ грубая ошибка (1)

$$\cos\alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2+h^2}}; \quad T = T_0 + k\left(\sqrt{L^2+h^2} - L\right)$$

$$\Rightarrow F = 2\cdot\left(T_0 + k\left(\sqrt{L^2+h^2} - L\right)\right)\cdot\frac{L}{\sqrt{L^2+h^2}}$$

$$F(h) = \frac{2T_0L}{\sqrt{L^2+h^2}} + 2kL - \frac{2kL^2}{\sqrt{L^2+h^2}}; \quad \boxed{F(h) = \frac{2T_0L - 2kL^2}{\sqrt{L^2+h^2}} + 2kL}$$

$$F'(h) = (2T_0L - 2kL^2)\cdot\left((L^2+h^2)^{-\frac{1}{2}}\right)' = (2T_0L - 2kL^2)\cdot$$

$$-\frac{1}{2}\cdot(L^2+h^2)^{-\frac{3}{2}}\cdot 2h = -\frac{(2T_0L - 2kL^2)\cdot h}{\left(\sqrt{L^2+h^2}\right)^3}$$

$$F'(h) = -\frac{2Lh(T_0 - kL)}{\left(\sqrt{L^2+h^2}\right)^3}$$

Найдем $F'(h)$ и h из графика.

Соединим точки 1 и 2:

$$F'(h) \approx \frac{0{,}22\,H}{0{,}025\,м} = 8{,}80\,\frac{H}{м}.$$

$h = 0{,}025\,м.$

$L = 0{,}31\,м$

$$-\frac{F'(h)\cdot\left(\sqrt{L^2+h^2}\right)^3}{2Lh} = T_0 - kL$$

$$\frac{8{,}8\cdot\left(\sqrt{0{,}31^2+0{,}025^2}\right)^3}{2\cdot 0{,}31\cdot 0{,}025} = T_0 - 0{,}31\cdot k; \quad \underset{(*)}{\underbrace{\overset{-17}{\cancel{176{,}6}} = T_0 - 0{,}31\cdot k}}$$

~~Возьмем точки 3 и 4~~ 4 и 5;

$$\cancel{F'(h) \approx \frac{0{,}10\,H}{0{,}007\,м} = 14{,}29\,\frac{H}{м}\,;\; h = 0{,}011\,м}$$

~~14,29 · '~~

$$F(h) = \frac{2T_0L - 2kL^2}{\sqrt{L^2+h^2}} + 2kL; \quad \cancel{(Fh - 2kL)\sqrt{L^2+h^2} = 2T_0L - 2kL^2}$$

$$0{,}22 = \frac{2T_0\cdot 0{,}31 - 2\cdot k\cdot 0{,}31^2}{\sqrt{0{,}31^2+0{,}025^2}} + 2\cdot 0{,}31\cdot k$$

$$0{,}22 = \frac{0{,}62\,T_0 - 0{,}19\,k}{0{,}31} + 0{,}62\,k$$

$$0{,}22 = 2T_0 - 0{,}61\,k + 0{,}62\,k$$

$$0{,}22 = 2T_0 + 0{,}01\,k$$

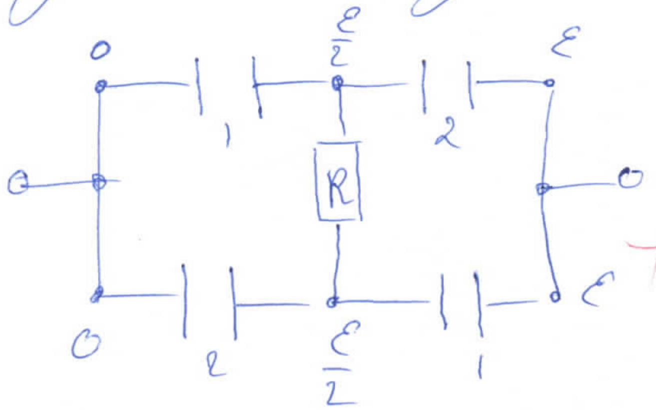
$(*)$ $\cancel{-17 =}$ $-34 = 2T_0 - 0{,}62\,k \Rightarrow 34{,}22 = 0{,}63\,k$

$$k = \frac{34{,}22}{0{,}63} = \underline{54{,}32\left[\frac{H}{м}\right]} \qquad T_0 = \cancel{0{,}22} - 17 + 0{,}31\cdot k \approx \underline{0\,[H]}.$$

Чистовик с-32

Задание 11.2

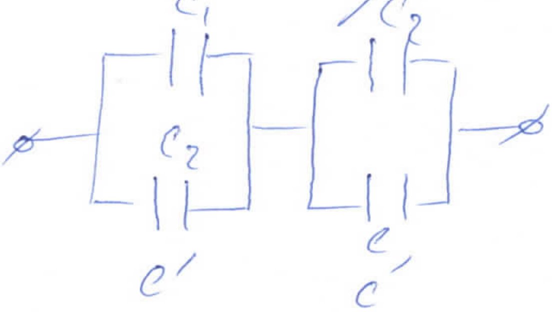
1. Измерим ЭДС батарейки: $\mathcal{E} = 1{,}62\,В \pm 0{,}01\,В$
2. Заметим, что после ~~про~~ зарядки черного ящика через амперметр, ток становится равным нулю, следовательно через резистор в подключенном черном ящике ток не идет, а значит ~~на~~ напряжение на всех конденсаторах одинаково и равно $\frac{\mathcal{E}}{2}$.



расстановка потенциалов

+

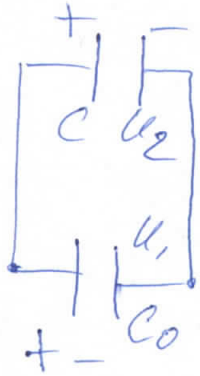
3. Зарядим ~~данный в~~ эталонный конденсатор емкостью $c_0 = (1{,}0 \pm 0{,}2)\,нФ$ до напряжения источника и разрядим через мультиметр до $U_1 = 1{,}60\,В \pm 0{,}01$
4. Черный ящик зарядим до напряжения источника и разрядим до ~~1,5 В через~~ $U_2 = 1{,}50\,В \pm 0{,}01\,В$ через мультиметр.
5. Емкость черного ящика $c = \frac{2(c_1+c_2)^2}{2c_1+2c_2} = \frac{(c_1+c_2)^2}{c_1+c_2} = c_1+c_2$



$c' = c_1+c_2$

$c = \frac{c' \cdot c'}{c'+c'} = \frac{c'}{2}$

6. Подключим конденсатор и черный ящик параллельно, одинаковыми полюсами:



после уравнивания напряжений

7. Закон сохр. зар.:

$U = 1{,}53\,В \pm 0{,}01\,В$

$$C U_2 + C_0 U_1 = (C_0 + C) U$$

$$C(U - U_2) = C_0 (U_1 - U); \quad C = C_0 \frac{U_1 - U}{U - U_2} = 1{,}0\,мФ \cdot$$

$$\cdot \frac{1{,}6\,В - 1{,}53\,В}{1{,}53\,В - 1{,}50\,В} = \underline{2{,}3\ мФ}$$

Погрешности:

абс. погр.

$\Delta (U_1 - U) = 0{,}02\,В$

$\Delta (U - U_2) = 0{,}02\,В$

$\Delta C_0 = 0{,}2\,мФ$

отн. погр.

$\varepsilon_{U_1 - U} = \frac{0{,}02\,В}{1{,}6\,В - 1{,}53\,В} = 0{,}29$

$\varepsilon_{U - U_2} = \frac{0{,}02\,В}{1{,}53\,В - 1{,}50\,В} = 0{,}67$

$\varepsilon_{C_0} = \frac{0{,}2\,мФ}{1\,мФ} = 0{,}2$

$\varepsilon_C = 0{,}2 \cdot 0{,}29 \cdot 0{,}67 = \underline{0{,}04}$

~~$\Delta C = 2{,}3\,мФ \cdot 0{,}04 = 0{,}092\,мФ$~~

~~$C = 2{,}3 \pm 0,$~~

График $h(F)$ Студент С-32