

Региональный этап
всероссийской олимпиады школьников
по физике в 2019 г.

Ф 11-1

ПЕРВЫЙ ТУР

Фамилия Кудряковский

Имя Алексей

Отчество Михайлович

Класс 11Б

Территория Пермь

Полное наименование образовательной организации (по Уставу) _____

МАОУ "СОШ № 146 с дополнительным отделением математики,

физики, информатики"

11 класс

Шифр Р11-1

Заг. 2

куб x - куб со стороной x (глуб V_x)

~~↓ пот. энергия~~ на вершине
↓ гравит. потенциал на ~~краю~~ куба a φ_A

Тогда в центре куба со стороной $2a$ потенциал $\varphi_B = 8\varphi_A$

(т.к. он состоит из вершин кубов a)

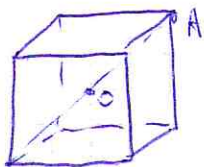
$\varphi \sim \frac{M}{r}$, где M - масса конструкции, r - её линейный размер

Эта формула вытекает из вида формулы гравитации

$F \sim \frac{M}{r^2} \rightarrow$ интегрируя, получим утв - е выше.

Тогда, раз у куба $2a$ $M = 8m_0$, $r = 2r_0$, где m_0, r_0 - соотв.

кар-ки куба a , r_0 пот. в центре куба A $\varphi_0 = 2\varphi_A$



из ЗСД глб движется тело от A к O

$$\varphi_A m = \frac{m v_1^2}{2} + \varphi_0 m$$

$$\rightarrow m \frac{v_1^2}{2} = -\varphi_A m$$

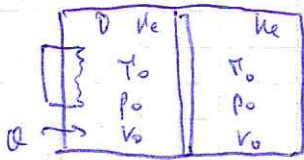
из ЗСД глб движется от A к бесконечности (где $\varphi=0$, $v=0$)

$$m \frac{v_2^2}{2} + m\varphi_A = 0 \rightarrow \frac{v_2^2}{2} = -\varphi_A$$

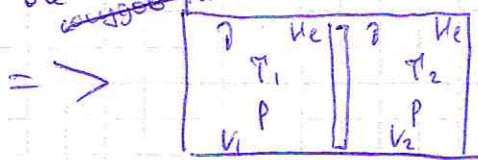
Очевидно, $v_2 = v_1$

1	2	3	4	5	Σ
10	10	10	4	8	42
			5		43

Заг. 3



← постоянные циклически все параметры ~~системы~~ отделимой равновесия ($p_1 = p_2, T_1 = T_2, V_1 = V_2$)



в силу малости ΔT любые изменения энергии (давл, объем) будут также малы.

из гр сост из газа

$$pV = \nu RT \Rightarrow (1) dp_1 V_0 + p_0 dV_1 = \nu R dT_1$$

$$dT_1 = \Delta T_1$$

$$dp_1, dp_2, - \text{изм давл.} \quad (2) dp_2 V_0 + p_0 dV_2 = \nu R dT_2$$

$$dT_2 = \Delta T_2$$

dV_1, dV_2 - изменение объема

(малые изменения \Rightarrow "физический дифференциал")

$$dp_1 = dp_2 = dp \quad (\text{в конце равновесие})$$

$$dV_1 = -dV_2 = dV \quad (\text{объем соуды постоянен})$$

$$\Rightarrow (1) dp V_0 + p_0 dV = \nu R dT_1$$

$$(2) dp V_0 + p_0 dV = \nu R dT_2$$

из I начала термодинамики в групп. форме

$$(3) Q = \frac{\nu}{2} \nu R dT_1 + p_0 dV_{\text{газ I}} - \text{где I газ} \quad (dV_1 = dV)$$

$$(4) 0 = \frac{\nu}{2} \nu R dT_2 - p_0 dV_{\text{газ II}} - \text{где II газ} \quad (dV_2 = -dV)$$

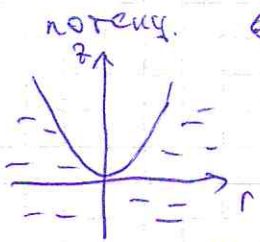
Решая после глгоу получим 1-4

$$dT_2 = \Delta T_2 = \frac{dT_1}{4} = \frac{\Delta T}{4} +$$

$$Q = \frac{15}{8} \nu R \Delta T_2 \approx + 10$$

Заг 4 Найдем форму по вершине.

Очевидно, все точки поверт жгкости облагают одинаковой



потенц. энергией.
 $A_{кин} = \int_0^r F_{кин} \cdot dr = \int_0^r m\omega_0^2 r dr = \frac{1}{2} m \omega_0^2 r^2$ - энергия
 частицы массы m на расст. r от оси симметрии,
 обусл. силой инерции $F_{кин} = m\omega_0^2 r$

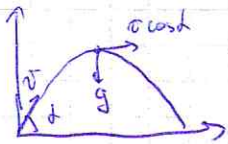
$A_{пр} = \int_0^z (-mg) dz = -mgz$ - энергия от грав. сил.

$A_{кин} + A_{пр} = 0$ (в точке $(0;0)$ $U_g = 0$)

$\Rightarrow z = \frac{\omega_0^2}{2g} r^2 +$, где $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ - чл. повт. вращ. сосуда

Найдем $R_{кр}$ - радиус кривизны при вершине параболы

Рассмотрим брошение камня в грав. поле



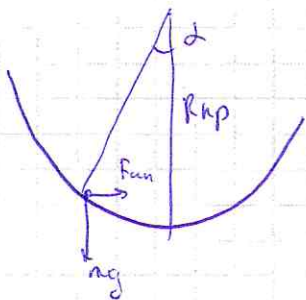
$R_{кр} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}$ - по формул. (1)

$$\begin{cases} y = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \\ x = v \cos \alpha t \end{cases} \Rightarrow y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \alpha} \quad (2)$$

Очевидно, что формулу параболы задает лишь второе слагаемое, а первое изменяет её положение; тогда из (2)

видно, что если параболы имеет фр $y = d - \frac{gx^2}{2d}$,
 то $R_{кр} = d$

Значит, в нашем случае $R_{кр} = \frac{g}{\omega_0^2}$



из осн. ур. динамики вращ. двит.
 $-m R_{кр} \alpha^{\circ\circ} = mg R_{кр} \alpha + m \omega_0^2 R_{кр} \alpha R_{кр} \cos \alpha$

$(\sin \alpha \approx \alpha, \cos \alpha \approx 1)$

$\Rightarrow \alpha^{\circ\circ} = - \left(\frac{g}{R_{кр}} + \omega_0^2 \right) \alpha = -2\omega_0^2 \alpha$

$\Rightarrow \omega = \sqrt{2} \omega_0$

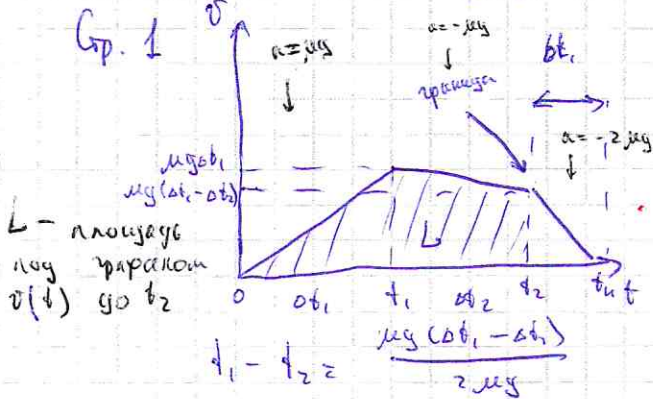
$\Rightarrow T = \frac{T_0}{\sqrt{2}}$

4

Заг 1 Полютно, что если y -пер. трения, то авт. может иметь любое ускорение $a \in [0; \mu g]$, напр. в любую сторону, поскольку это ускорение состоит из силы трения, а $F_{тр} \leq \mu mg$

Также понятно, что после границы авт. выедет с максимальной ускорением $2\mu g$

До границы есть две стратегии: ~~ехать~~ разогнаться до v_1 , потом тормозить до v_2 с макс. ускорениями; или разогнаться до v_1 , а потом свалить до v_2 с макс. скоростью



Тогда, пусть $\phi = \delta t_1 + \delta t_2$ - время в Φ гд
 $t_n = \delta t_1 + \delta t_2 + \frac{\delta t_1 - \delta t_2}{2} = \frac{3}{2} \delta t_1 + \frac{\delta t_2}{2}$
 $= \frac{3}{2} \phi - \delta t_2 \rightarrow \min$

$$L = \frac{1}{2} \delta t_1 \cdot \mu g \delta t_1 + \frac{1}{2} (\mu g \delta t_1 + \mu g (\delta t_1 - \delta t_2)) \delta t_2$$

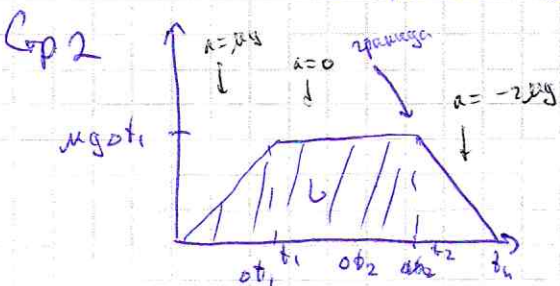
$$\frac{2L}{\mu g} = \delta t_1^2 + 2\delta t_1 \delta t_2 - \delta t_2^2 = \phi^2 - 2\delta t_2^2$$

$$\phi = \sqrt{2 \frac{L}{\mu g} + 2\delta t_2^2} \Rightarrow \phi = 3 \sqrt{\frac{2L}{7\mu g}}$$

$$t_n = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2L}{\mu g} + 2\delta t_2^2} - \delta t_2 \rightarrow \min$$

Взяв производ., получим $t_n = 3.5 \sqrt{\frac{2L}{7\mu g}}$ при $\delta t_2 = \sqrt{\frac{2L}{7\mu g}}$

~~Вывод в итоге: а в самом начале $t_n = t_n(\delta t_2 = 0) = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$~~
~~наконец $t_n = 3.5 \sqrt{\frac{2L}{7\mu g}}$~~



$$t_n = \frac{3}{2} \delta t_1 + \delta t_2$$

$$L = \frac{1}{2} (\delta t_2 + \delta t_1 + \delta t_2) \cdot \mu g \delta t_1$$

$$\delta t_2 = \frac{L}{\mu g \delta t_1} - \frac{\delta t_1}{2}$$

$$t_n = \frac{L}{\mu g \delta t_1} + \delta t_1$$

$$t_n - t_2 = \frac{\mu g \delta t_1}{2\mu g}$$

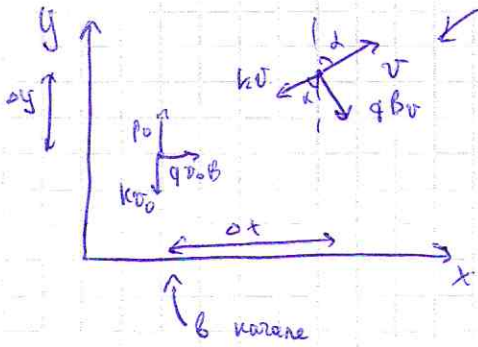
$$t_n' = 1 - \frac{L}{\mu g \delta t_1^2} \Rightarrow \delta t_1 = \sqrt{\frac{L}{\mu g}}$$

$$\Rightarrow v_n = 2 \sqrt{\frac{L}{\mu g}}$$

Видно, что ср 1 лучше $\Rightarrow v_n = 3.5 \sqrt{\frac{2L}{7\mu g}} = \sqrt{\frac{7L}{2\mu g}}$ (+)

скорость на границе $v_0 = \mu g (\delta t_1 - \delta t_2) = \left(\sqrt{\frac{2L}{7\mu g}} - \sqrt{\frac{L}{\mu g}} \right) \mu g = \sqrt{\frac{2}{7}} \sqrt{\frac{L\mu g}{\mu g}} = \sqrt{\frac{2}{7}} \sqrt{L\mu g}$ (+)

Заг. 5



в некоторый t

$$F_{comp} = kv$$

Запишем закон сопр. изменения

изменения угла сов (см. рисунок)

$$\Delta p_y = - \int_0^t (kv \cos \alpha + qBv \sin \alpha) dt$$

$$\Delta p_x = \int_0^t (-kv \sin \alpha + qBv \cos \alpha) dt$$

$$\Delta x = \int_0^t v \sin \alpha dt$$

$$\Delta y = \int_0^t v \cos \alpha dt$$

Тогда

$$\Delta p_x = -kvx + qBy$$

$$\Delta p_y = -koy - qBax$$

но уга, когда $\Delta p_x = 0$, $\frac{\Delta x}{\Delta y} = \tan \varphi$

$$\Rightarrow \tan \varphi = \frac{qB}{k} \Rightarrow k = \frac{qB}{\tan \varphi}$$

Остановка \Rightarrow

$$\Delta p_x = 0, \Delta p_y = -p_0$$

Тогда

$$qBy_0 = kox_0$$

$$p_0 = koy_0 + qBax_0$$

Зная,

$$oy_0 = \frac{p_0}{qB} \sin \varphi \cos \varphi$$

$$ox_0 = \frac{p_0}{qB} \sin^2 \varphi$$

- изменение координат при остановке

Перемещение

$$s = \sqrt{ox_0^2 + oy_0^2} = \frac{p_0 \sin \varphi}{qB}$$

$$m = \frac{p_0}{v_0} \text{ - масса деона}$$

из ур. гвм.

$$v = v_0 - at = \frac{p_0}{m} - \frac{kt}{m}$$

at - тангенциальное ускорение, велич. из-за kv

$$\Rightarrow v = \frac{p_0}{m+kt}$$

Энергия перешла в работу силе сопр. влениа

$$E_{назл} = \frac{p_0^2}{2m} = \int_0^{\hat{t}} kv \cdot v dt = \int_0^{\hat{t}} \frac{kp_0^2}{(m+kt)^2} dt = -\frac{p_0^2}{(m+kt)} + \frac{p_0^2}{m}$$

$$\Rightarrow k\hat{t} = m$$

\hat{t} - время остановки

$$P = \int_0^{\hat{t}} v dt = \int_0^{\hat{t}} \frac{p_0}{m+kt} dt = \frac{p_0}{qB} \ln 2 \text{ - произведенный путь}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = -kv!$$

Региональный этап
всероссийской олимпиады школьников
по физике в 2019 г.

ФЗ 11-14

ВТОРОЙ ТУР

Фамилия Кудринский

Имя Алексей

Отчество Михайлович

Класс 11Б

Территория г. Пермь

Полное наименование образовательной организации (по Уставу) _____

МАОУ „СОШ № 146 с углубленным изучением

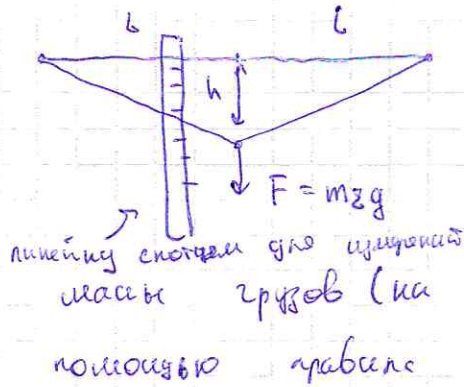
математики, физики, информатики“

1 | 2 | Σ
12,5 | 15 | 27,5

11 класс

Шифр ФЭИ-14

11.1 Будем прикреплять грузы равной массе к середине
различных, так обеспечим различные значения K .



Номер моей установки 13

Измерим $2L = 30,9 \text{ см} \Rightarrow L = 15,45 \text{ см}$

Почти это масса папки масса и сравним с погрешностью измерения

вскаки справа я оценил её с

рычага, пакет, его g - точка пересечения диагоналей.

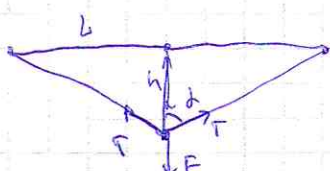


Тогда $l_1 \approx 8 l_2$, т.е. $m_2 \approx \frac{1}{8} m_1$, что меньше погрешности

массы гайки, так эту массой папки пренебрежем

Будем класть нужное кол-во грузов в пакетики, веснаги на гайку и так логично F

кол-во гайки	одна масса "гавесна", 2	сила K Н	h , см			T , Н	L , см
			1	2	3		
0	1,5	0,0147	0,1	0,1	0,1	4,52	0
1	11,5	0,1127	1,1	1,0	1,0	3,67	0,062
2	21,5	0,2107	1,5	1,6	1,4	4,36	0,118
3	31,5	0,3087	2,2	2,2	2,1	4,52	0,216
4	41,5	0,4067	2,7	2,7	2,7	4,72	0,314
5	...	0,5047	3,3	3,3	3,3	4,83	0,412
6	...	0,6027	3,7	3,7	3,7	5,17	0,510
7	...	0,7007	4,3	4,2	4,2	5,33	0,608
8	...	0,7987	4,5	4,5	4,6	5,68	0,706
9	...	0,8967	5,0	5,0	4,9	5,83	0,804
10	...	0,9947	5,3	5,4	5,3	6,13	0,902



$$F = 2T \cos \alpha \quad \cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 + h^2}}$$

$$T = \frac{2F}{\cos \alpha} = \frac{2F \sqrt{(\frac{L}{h})^2 + 1}}{2}$$

$$\text{длина системы } P = 2(\sqrt{L^2 + h^2} - L)$$

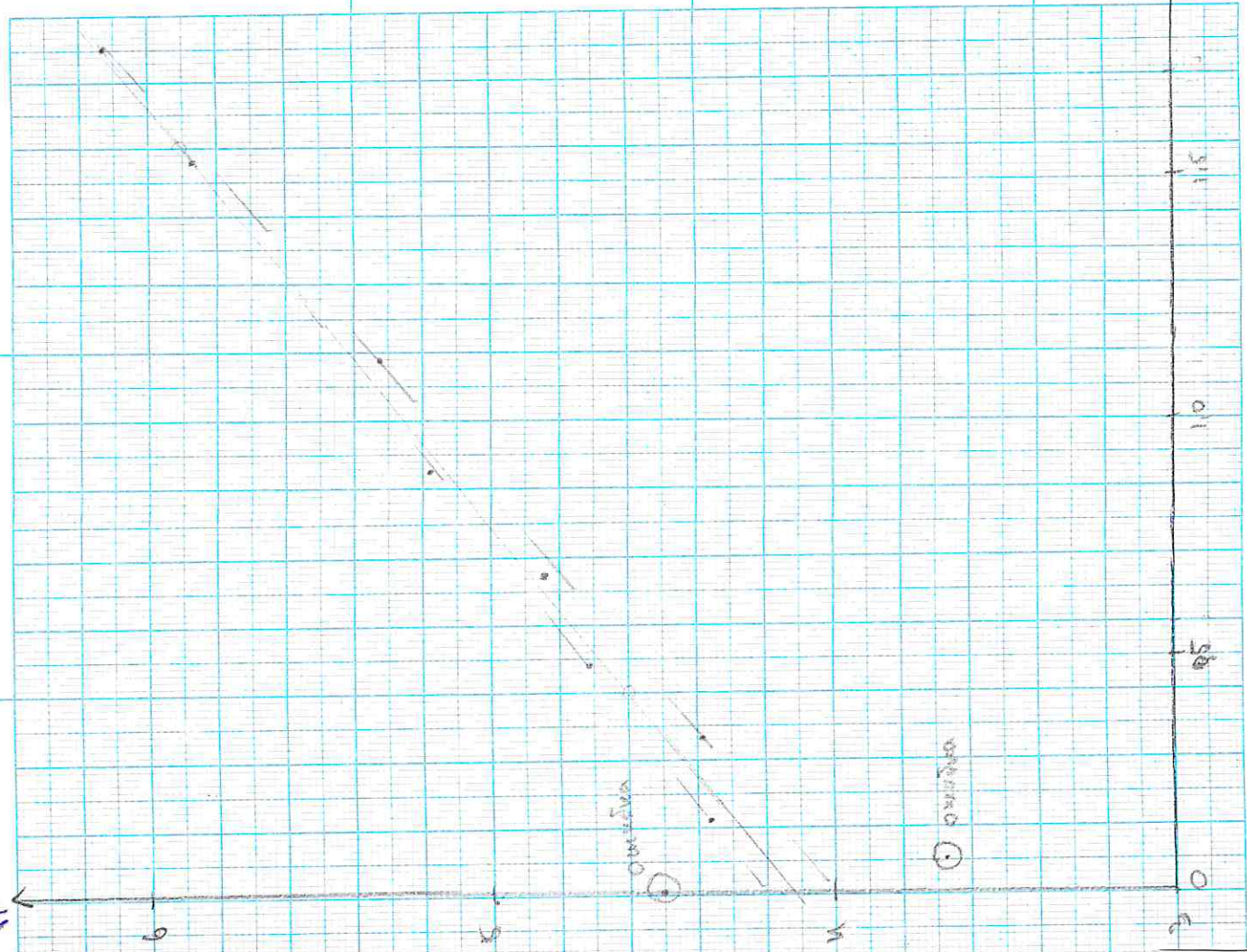
Будем считать $T = S(P)$

голка в 2 раза меньше

№ 8 PЭ11-14

PH

PH



Видим, что $T = a \cdot l + b$, где $a = \frac{dT}{dl} = \frac{5,9 - 4,6}{1,57 - 0,93} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 10^2 =$

$b = T_0 = 4,12 \text{ Н}$

Поэтому, $a = k = \frac{130}{1,14} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx 114 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ коэф. жесткости

Погрешность графическим методом

$T = a_1 l + b_1$, где $b_1 = 4,12 \text{ Н}$, $a_1 = \frac{5,4 - 4,5}{1,111 - 0,957} \cdot 10^2 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 105 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

$T = a_2 l + b_2$, где $b_2 = 4,0 \text{ Н}$, $a_2 = \frac{5,2 - 4}{1,0} \cdot 10^2 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 120 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Тогда $\Delta b = \frac{2b_1 b_2 - b_1^2 - b_2^2}{2b_1} = \frac{|b - b_1| + |b - b_2|}{2} = 0,1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

$\Delta a = \frac{|a - a_1| + |a - a_2|}{2} = 7,5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

$\omega_b = 0,024$ - относ. погр

$\omega_a = 0,065$ - относ. погр

- 1 25
- 2 45
- 3 45
- 4 45
- 5 45
- 6 35
- 7 15
- 8 0,05
- 9 15

смысл ну-ля ошибки!

12,55

После того построим так же, как в пункте а,

что измеренные там напряжения.

$U_0, В$	$U, В$	$C_2, мФ$
3,18	1,6	1,99
1,6	0,77	2,02
9,52	3,33	2,89
3,4	1,64	2,01
1,7	0,85	2,0
9,9	3,38	3
3,3	1,69	1,95
1,71	0,76	
9,7		
9,9	3,3	2
3,3	1,03	2,02
1,09	0,38	2,03
9,73	3,25	1,99
3,29	1,10	1,99
9,45	3,16	1,99
3,23	1,07	2,02
9,58	3,19	2,01
3,25	1,07	2,04
9,62	3,22	2,05
3,29	1,08	2,05

$$U_0 = (1 + \frac{C_2}{C_1}) U$$

видно, что $C_2 = 2,01 мФ$

Тогда $\begin{cases} \frac{C_1 + C_2}{2} = 2,01 мФ \\ \frac{2C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1,44 мФ \end{cases}$

Решая эту систему, получим $C_1 = 3,1 мФ$, $C_2 = 0,9 мФ$

Оценим ω_{C1} и ω_{C2} как

$$\omega_{C1} = \omega_{C2} = \omega_{C2} + \omega_C + \omega_{C1} = 0,01 + 0,01 + 0,2 \approx 0,22$$

видно, что основную погрешность вносит неточность
вторичного измерения C_0

$$\omega_{C2} = \frac{0,03}{1,44} = 0,02$$

$$\omega_C = \frac{0,05}{2,01} = 0,024$$

0,03 мФ, 0,05 мФ — наиб. отклон
± 0,01 за неточность
вольметра

1. 15
 2. 15
 3. 15
 4. 15
 5. 15
 6. 15
 7. 15
 8. 15
 9. 15
 10. 15
 11. 15
- / 150