



30-31-85-02  
(49.4)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Машкина Дарья Дмитриевна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*работу сдал 14-08  
Рамошкина О.В. ОФЭ*

Дата

«05» мая 2023 года

Подпись участника

3

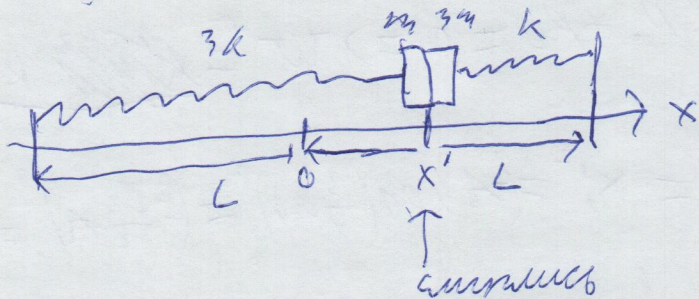
30-31-85-02

(49.4)

$L = 20 \text{ см}$  (N 1.) *штангенциркуль*  
 $L_0 = 10 \text{ см}$   $W = 3 \text{ Ом}$

В какой момент столкнется?

~~$W = \frac{3kL^2}{2} + kx^2 = \frac{3kL^2}{2} + kx^2$~~



$F = kx$

$a = \frac{kx}{m}$

$A = 10 \text{ см}$  (20-10)

$x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow A \cos \varphi_0$

$v = \dot{x} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$

$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = \frac{kx}{m}$

~~$A\omega^2 = \frac{k \cdot L}{m}$~~   $a_{\text{max}} = \frac{k \cdot L}{m} = A\omega^2 \Rightarrow$

$a_{1\text{max}} = \frac{3kL}{2m} = A\omega_1^2 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{3kL}{2Am}} = \sqrt{\frac{3k}{m}}$

$a_{2\text{max}} = \frac{kL}{m} = A\omega_2^2 \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$

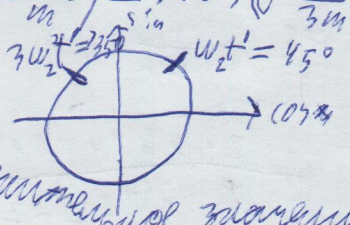
При  $t=0$ ;  $x_1 = -A \Rightarrow \cos \varphi_1 = -1 \Rightarrow \varphi_1 = \pi$

$x_2 = A \Rightarrow \cos \varphi_2 = 1 \Rightarrow \varphi_2 = 0$

$x_1 = x_2 \Rightarrow -A \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t\right) = A \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right) \Rightarrow$

$\cos\left(3\omega_2 t\right) = -\cos\left(\omega_2 t\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow \omega_2 t = \frac{\pi}{4}$  (минимальное положительное значение)  
 $\Rightarrow 3\omega_2 t = \omega_1 t = \frac{3\pi}{4}$



5	20	Штангенциркуль
4	20	Фр
3	6	Хрустовый Огунок
2	20	Рушниц
1	20	Осцилло
N	20	Очки

Восемьдесят шесть

1+  
2+  
3+  
4+  
5+  
6+

и 1 (прогнозируемые) чисел

$$V_1 = A \sin \omega_1 t = A \sin \left( \frac{3}{4} \omega t \right) = A \sin \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$P_1 = m V_1 = 3 \frac{\sqrt{3}}{2} m A \omega_1$$

$$P_2 = 3 m V_2 = 3 m \cdot A \omega_2 \sin \left( \frac{1}{4} \omega t \right) = -3 \frac{\sqrt{2}}{2} A m \omega_2$$

$$P = P_1 + P_2 = 0 \Rightarrow W = \frac{k x^2}{2} = \frac{4 k x^2}{2} = 2 k x^2$$

$$x^2 = x_1^2 = \left( A \cos \left( \frac{3}{4} \omega t \right) \right)^2 = \left( \frac{\sqrt{2}}{2} A \right)^2 = \frac{1}{2} A^2 = \frac{1}{2} L_0^2$$

$$k = \frac{W}{x^2} = \frac{W}{\frac{1}{2} L_0^2} = \frac{2W}{L_0^2} = \frac{3 \text{ Дж}}{0,1^2 \text{ м}^2} = \frac{300 \text{ Дж}}{\text{м}^2} = 300 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ:  $3k = \frac{3W}{L_0^2} \text{ или } \frac{3}{4} \frac{W}{L^2} = 900 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

и 2.

- $S = 100 \text{ см}^2$
- $M = 100 \text{ кг}$
- $t_0 = 0^\circ \text{C}$
- $h = 0,83 \text{ м}$
- $m = ?$

- $P_H = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- $P_0 = 10^5 \text{ Па}$
- $M = 18 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$$P = P_0 + \text{давление паров} P_H = P_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 + \frac{100 \cdot 10}{0,01} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

это меньше  $P_H \Rightarrow$  вся вода испарилась. ✓

Пусть в начальном положении колу паровым была таблица воды. Тогда из ур. Клапейрона:

$$PV = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{PV}{RT}$$

$$m = \nu \cdot \mu = \frac{PV \mu}{RT} = \frac{h M (P_0 + \frac{Mg}{S})}{RT}$$

$$= \frac{0,01 \cdot 0,83 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 10^5}{8,3 \cdot (273 + 273)} = \frac{8,3 \cdot 18 \cdot 2}{8,3 \cdot 4} = 92$$

Ответ:  $m = (P_0 S + Mg) \frac{h M}{RT} = 92$  (+)

№ 3. Числовая

$R = 1\text{ м}$

$v = 0,25\text{ м/с}$

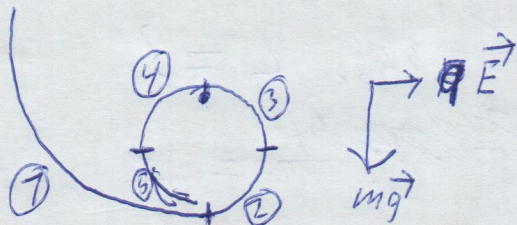
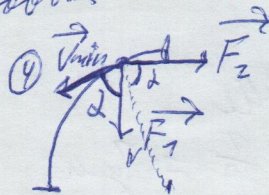
$m = 12\text{ г}$

$q = 10^{-6}\text{ Кл}$

$E = 10^3\text{ В/м}$

$v_{\text{min}} = ?$

$g = 10\text{ м/с}^2$



$F_{01} = \text{максимальная сила со стороны поля тяжести}$   
 $\approx mg = 0,07\text{ Н} = 10^{-2}\text{ Н}$

$F_{02} = \text{максимальная сила со стороны электрич. поля}$   
 $\approx qE = 10^{-3}\text{ Н}$

разделим дорогу на 5 участков (см. чертёж) где минимальная скорость!

1) Нет, т.к. как и любая скорость на витке

2) Нет, т.к. на 3 участке бусинка продолжала замедляться.

3) Нет, т.к. в начале 4 участка бусинка замедляется

5) Нет, т.к. в конце 4 участка бусинка <sup>уже</sup> ускоряется, и ускоряется весь 5

4) Да. Начало бусинки замедляется, в конце ускоряется  $\Rightarrow$  где - то минимальная скорость. где? Там, где бусинка не ускоряется  $\Rightarrow F_1 \cos \alpha = F_2 \sin \alpha$

$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{F_1}{F_2} = \frac{mg}{qE}$   $\Rightarrow \alpha = \arctan \frac{mg}{qE} = \arctan(10)$

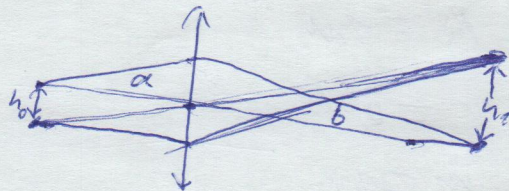
н ч, мнотвм

~~Анализ~~

Мощь  $F = \frac{7}{0} = \frac{7}{6} \text{ м}$

$h_1 = \Gamma h_0$   
 $h_1 = 3h_0$ .  $L = ?$

~~Анализ~~  $\frac{h_0}{a} = \frac{h_1}{b} \Rightarrow b = \Gamma a$



$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a} = \frac{1}{\Gamma a} + \frac{1}{a} = \frac{1+\Gamma}{\Gamma a} \Rightarrow$

$a = \frac{1+\Gamma}{\Gamma} f$ .  $L = a + b = a + \Gamma a = a(\Gamma + 1) =$

$\frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma} f = \frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma 0} = \frac{(3 + 1)^2}{3 \cdot 6} = \frac{16}{9 \cdot 2} =$

$\frac{8}{9} \text{ м}$

Проверка:  $a = \frac{L}{4} = \frac{2}{9} \text{ м}$ ,  
 $b = \frac{3}{4} L = \frac{2}{3} \text{ м}$ .

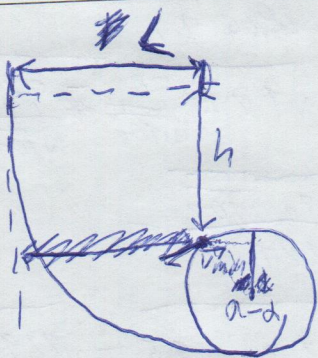
$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{9}{2} + \frac{3}{2} = \frac{12}{2} = 6, \text{ м. м. с.}$

20

Объем:  $L = \frac{(\Gamma + 1)^2}{\Gamma 0} = \frac{16}{30} = \frac{8}{9} \text{ м}$ .



30-31-85-02  
(49.4)



$v_3$  (предположим)  $\cos \alpha$

$L = R \sin \alpha$

$R - v \cos \alpha$

$h = R - v(1 + \sin \alpha)$

$\frac{m v_{min}^2}{2} = F_1 h + F_2 L = m g h + q E L \Rightarrow$

$v_{min} = \sqrt{2 g h + 2 \frac{q E L}{m}} = \sqrt{2(gR - gR \sin \alpha + qER \cos \alpha)}$

$-g v \sin \alpha - \frac{q E v \cos \alpha}{m} = -\frac{1}{m} (m g \sin \alpha + q E \cos \alpha)$

$= -\frac{v}{m} (F_1 \sin \alpha + F_2 \cos \alpha) = -\frac{v}{m \cos \alpha} (F_1 + F_2)$

$v_{min} = \sqrt{2(gR - v(1 + \sin(\arctan \frac{mg}{qE})) + qE(R - v \cos(\arctan \frac{mg}{qE}))}$

$= \sqrt{2(10(1 - 0,25 - 0,25(\arctan 10)) + 2(10 - 0,25 \cos(\arctan 10)))}$

~~$\sqrt{10 + 2 - 0,25(\arctan 10) + \cos(\arctan 10)}$~~

$\arctan 10 = \arctan 10$

$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = 10 \Rightarrow \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 100 \Rightarrow \sin^2 \alpha = 100 \cos^2 \alpha \Rightarrow$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 100 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{101} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{101}}$

$\sin^2 \alpha = 1 - \frac{1}{101} = \frac{100}{101} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{10}{\sqrt{101}}$

числовик.  $\approx 3$  (продемпстрируем)

$$V_{min} = \sqrt{15 + 2 - 59,42 - 0,5042} = \sqrt{77 - \frac{50}{\sqrt{101}} - \frac{0,5}{\sqrt{101}}} =$$

$$\sqrt{77 - \frac{50,5}{\sqrt{101}}} \approx \sqrt{77 - \frac{0,5 \cdot 101 \cdot \sqrt{101}}{101}} =$$

$$\sqrt{77 - 0,5\sqrt{101}} \approx \sqrt{77 - 5\sqrt{101}} \approx \sqrt{77 - 5,025} = \sqrt{71,975}$$

$$\approx 3,46 \frac{m}{c} \text{ (см. черновик)}$$

Ответ: ~~3,46 м/с~~

$$V_{min} = \sqrt{2g(R - r(1 + \sin(\arctg \frac{mg}{qE})))} + \frac{qE}{m} (R - r \cos(\arctg \frac{mg}{qE}))$$

$$\approx 3,46 \frac{m}{c}$$

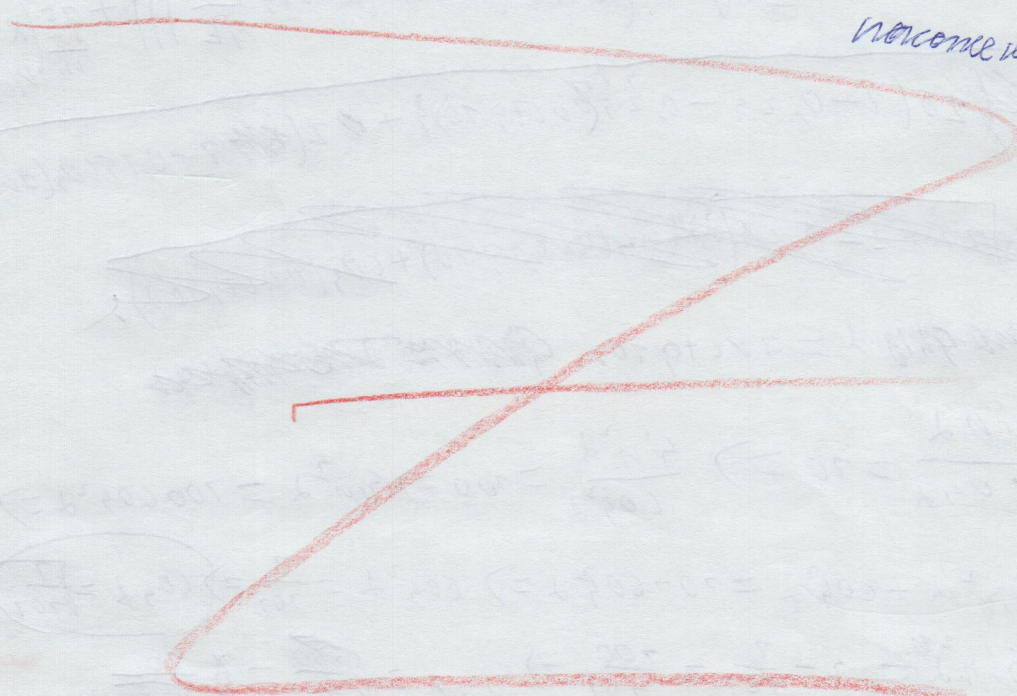
формула неверная численный  
векторный ответ получен случайно

Проверка: в отрезке электростатического поля:

$$V_{min} \quad h = R - 2r = 0,5 m$$

$$\frac{m V_{min}^2}{2} = mgh \Rightarrow V_{min}^2 = 2g \cdot 0,5 m = g \cdot m = 9 \cdot m = 72 \frac{m^2}{c^2}$$

переносим на правду

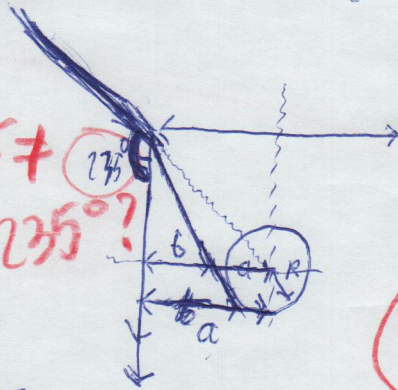


$2f = 2a \Rightarrow \forall \text{ точка } f = a$   
 $R = 2,25 \text{ см}$

$n = 5$ , *числовий*

$180 - 45 = 135$

$235^\circ$ ?



*Розв'язок*

*Розв'язок*

Для  $f = f_{\text{min}} = R$ : все хорошо,  $n = 5$ . Все соблюдается

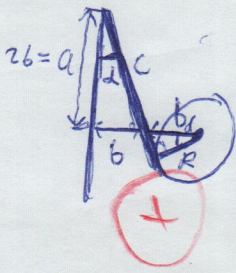
Для  $f = f_{\text{max}} = \infty$ : все плохо,  $n = 4$ . Уточним начальные

$\Rightarrow$  *Корректировка*

$\Rightarrow f \leq f'$ , где  $f'$  — *максимум*

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} + \frac{1}{a} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} \Rightarrow b = \frac{f}{2}$$

$$f = 2b \Rightarrow a = 2b$$



*решение*

$$c^2 = a^2 + b^2 = 4b^2 + b^2 = 5b^2$$

$$\cos \alpha = \frac{a}{c} = \frac{2b}{\sqrt{5}b} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$R = b \cos \alpha \Rightarrow b = \frac{R}{\cos \alpha}$$

$$b = \frac{R}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{5}}{2} R$$

$$a = 2b = \sqrt{5} R$$

$$= \sqrt{5} \cdot 2,25 \approx 24,325 \approx 24,3 \text{ см}$$

*Объем*

$$R \leq f \leq 5 \text{ см} = \sqrt{5} R$$



Черновик

$\sqrt{707} = 10\sqrt{7,07} = 10\sqrt{1+0,07}$  ~~или  $\sqrt{707}$~~

$\approx 10 + \frac{10 \cdot 0,07}{2} = 10,35$

$$\begin{array}{r} 70,05 \\ \times 70,09 \\ \hline 0,5025 \\ + 2005 \\ \hline 707,111 \end{array}$$

$\sqrt{72} = ?$   
$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 7,75 \\ + 20,5 \\ \hline 22,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 34 \\ \hline 0,76 \\ + 34 \\ + 9 \\ \hline 77,56 \end{array}$$

~~226~~  
$$\begin{array}{r} 226 \\ \times 226 \\ \hline 36 \\ + 240 \\ \times 2400 \\ + 400 \\ 8000 \\ + 40000 \\ \hline 51076 \end{array}$$

~~346~~  
$$\begin{array}{r} 346 \\ \times 346 \\ \hline 36 \\ + 480 \\ 3600 \\ + 7600 \\ + 24000 \\ + 90000 \\ \hline 77976 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ \times 225 \\ \hline 25 \\ + 200 \\ + 2000 \\ + 400 \\ 8000 \\ + 20000 \\ \hline 50625 \end{array}$$