



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Деменкова Анастасия Андреевна**

Класс: 11

Технический балл: **92**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9311767

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	15	12	15	15	<b>92</b>
Вопрос	10	8	10	7	

N 3.8.2

Задача:

$$\text{Дано: } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$m = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг}$$

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

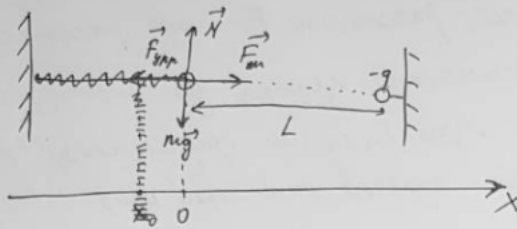
$$L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$f = 1,47 \text{ Гц}$$

K - ?

Штовик, лист 1 из 9

Решение:



1) Введём ось  $x$  с началом координат в положении равновесия. ~~Величина  $x_0$  — это удлинение пружины в положении равновесия.~~

2) По 2-ому закону Ньютона  
 а) в положении равновесия:  $\vec{F}_{шп0} + \vec{F}_0 + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_0 = \vec{0}$   
 где  $F_{шп0} = -Kx_0$ ;  $F_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2}$ ;  $N$  — сила реакции опоры  
 $x$ :  $-Kx_0 + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = 0$   $Kx_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2}$   $x_0$  — удлинение пружины в положении равновесия.

$$2.2 \quad \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{шп} + \vec{F} = m\vec{a}$$

$$x: -K(x+x_0) + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(L-x)^2} = m\ddot{x}$$

$$-K(x+x_0) + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{-2} = m\ddot{x}$$

$$-K(x+x_0) + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot x}{L}\right) = m\ddot{x}$$

$$-Kx - Kx_0 + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} - \frac{2x \cdot q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} = m\ddot{x} \quad \text{т.к. } \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = Kx_0 \text{ ; } m\omega$$

$$-Kx - Kx_0 + Kx_0 - \frac{2xq^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} = m\ddot{x}$$

$$-x \left( K + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \right) \cdot \frac{1}{m} = \ddot{x}$$

$$\ddot{x} = -x \left( \frac{K}{m} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3 m} \right)$$

$$\text{где } \frac{K}{m} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3 m} = \omega^2$$

$$3) \omega = 2\pi f$$

читовик, лист 2 из 9

$$\frac{K}{m} + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3 m} = 4\pi^2 \cdot f^2$$

$$K + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot m$$

$$K = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot m - \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$K = 4 \cdot 9,8 \cdot 1,47^2 \cdot 10^{-2} - \frac{2 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} = 4 \cdot 9,8 \cdot 2,16 \cdot 10^{-2} -$$

~~$$= 10^{-2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-12}}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} - 2 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10^9 = 4 \cdot 21,2 \cdot 10^{-2} - 144 \cdot 10^{-3} =$$~~

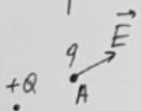
$$= 10^{-2} \cdot (84,8 - 14,4) = 70,4 \cdot 10^{-2} = 704 \cdot 10^{-3}$$

$$K = 704 \frac{\mu\text{H}}{\mu}$$

$$\text{Ответ: } K = 704 \frac{\mu\text{H}}{\mu} = 704 \cdot 10^{-3} \frac{\mu\text{H}}{\mu}$$

Вопросы:

$$1) \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \text{ - напряжённость электрического поля.}$$



~~Заряд +Q создаёт напряжённость электрического поля в точке A~~

Если в точку A поместить заряд q, то

напряжённость поля в точке A равна  $E = \frac{F}{|q|}$  F - сила взаимодействия заряда +Q с зарядом q.

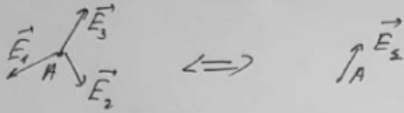
Если в поле ~~положительного~~ <sup>электрическое</sup> заряда поместить положительный заряд (+q), то  $\vec{E} \uparrow \vec{F}$ , если в поле ~~положительного~~ заряда

поместить отрицательный заряд (-|q|), то  $\vec{E} \downarrow \vec{F}$ .

~~Для определения в любой точке, если заряд положительный, то  $\vec{E} \uparrow \vec{F}$~~

И (Исходник, лист 3 из 2)

2)  $\vec{E}_z = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$  - принцип суперпозиции электрических полей  $\vec{E}_z$  - напряженности в некоторой точке пространства



Н 1.2.1

Задача:

Решение:

Дано:

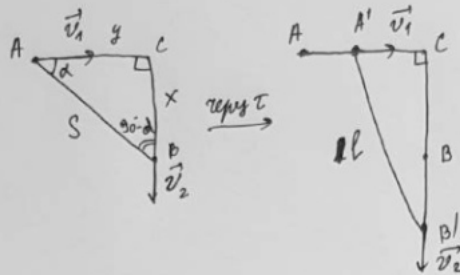
$$S = 100 \text{ м}$$

$$T = 10 \text{ с}$$

$$l = 2S$$

$$v_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$v_1$  - ?



1) Обозначим  $AC = y$ ;  $CB = x$ ;  $\angle CAB = \alpha$ , тогда

$\angle CBA = 90^\circ - \alpha$ ; т.к. за время  $\tau$  первый автомобиль проехал

$AA' = v_1 \tau$ , то  $A'C = y - v_1 \tau$ , т.к. второй автомобиль проехал

$BB' = v_2 \tau$ , то  $CB' = x + v_2 \tau$ .

2) Расстояние между автомобилями минимально тогда и только тогда, когда проекции скоростей автомобилей на прямую, соединяющую автомобили, равны.

$$\text{т.е. } v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \sin \alpha \quad \frac{v_1}{v_2} = \operatorname{tg} \alpha$$

в ~~данном~~ прямоугольном  $\triangle ACB$   $\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y}$ , следовательно  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{x}{y}$

$$\boxed{x = \frac{v_1}{v_2} \cdot y} \quad \text{и} \quad \boxed{x \cdot v_2 = v_1 y}$$

Учебник, лист 4 из 9

3) В  $\triangle ACB$  по теореме Пифагора

$$S^2 = x^2 + y^2 = \frac{v_1^2}{v_2^2} \cdot y^2 + y^2 = y^2 \cdot \left( \frac{v_1^2 + v_2^2}{v_2^2} \right)$$

$$y^2 = S^2 \cdot \frac{v_2^2}{v_1^2 + v_2^2}$$

В  $\triangle A'CB'$  по теореме Пифагора

$$l^2 = (y - v_1 \tau)^2 + (x + v_2 \tau)^2$$

$$l^2 (2S)^2 = y^2 - 2 \cdot y \cdot v_1 \tau + (v_1 \tau)^2 + x^2 + 2 \cdot x \cdot v_2 \tau + (v_2 \tau)^2 =$$

$$= (y^2 + x^2) + \tau^2 (v_1^2 + v_2^2) + 2\tau (x v_2 - y v_1) = S^2 + \tau^2 (v_1^2 + v_2^2) +$$

$$+ 2\tau (x v_2 - y v_1) =$$

$$4S^2 = S^2 + \tau^2 (v_1^2 + v_2^2)$$

$$3S^2 = \tau^2 (v_1^2 + v_2^2)$$

$$\frac{3S^2}{\tau^2} = v_1^2 + v_2^2 \quad \text{или} \quad v_1^2 = \frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2 \quad v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 100^2}{10^2} - 10^2} = \sqrt{300 - 100} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$v_1 = \frac{14 \cdot 10^{-3} \text{ км}}{\frac{1}{3600} \cdot \tau} = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \frac{\text{ км}}{\tau} = 14 \cdot 36 \cdot 10^{-1} \frac{\text{ км}}{\tau} = 50,4 \frac{\text{ км}}{\tau}$$

$$\text{Ответ: } v_1 = 50,4 \frac{\text{ км}}{\tau}$$

Вопросы!

- 1)  $v = \frac{s}{t}$  - скорость;  $s$  - путь, пройденный телом за время  $t$ . Это определение подходит для случая постоянной скорости. Если скорость в каждый момент времени разная, то вводят понятие мгновенной скорости

Источники, лист 5 из 9

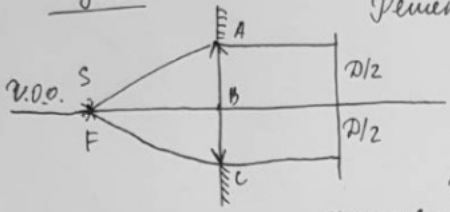
1)  $v_a = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$  - мгновенная скорость.

2)  $\vec{v}_a = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_n$   $v_a$  - закон сложения скоростей.

$\vec{v}_a$  - абсолютная скорость (скорость тела относительно неподвижной системы отсчёта (СО));  $\vec{v}_{отн}$  - скорость тела в подвижной СО, релативная относительная скорость;  $\vec{v}_n$  - скорость подвижной системы (СО),  $\vec{v}$  - переносная скорость.

№ 4.1.1. Задача:

Дано:  
 $l = 8 \text{ см}$   
 $D = 5 \text{ см}$   
 $d = 3 \text{ см}$

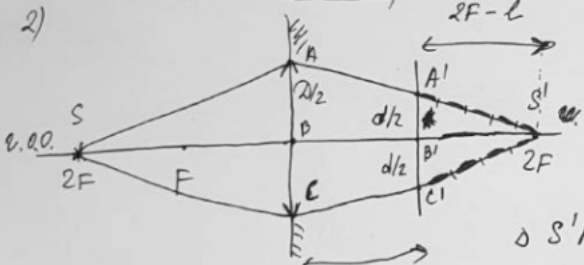


Решение:

1) Построим ход лучей в линзе, если источник света находится в главном фокусе. Т.к. после прохождения

лучей, проходящих через главный фокус, будут распространяться параллельно главной оптической оси (г.о.о.), то размер пятна равен размеру линзы.

т.е.  $AC = D$ ;  $AB = D/2$



Т.к. источник S переместили в двойной фокус, то  $S'$  также находится в двойном фокусе. ( $S'$ -изображение)

$\triangle S'A'B' \sim \triangle S'AB$  (по 2 углам)

$$\frac{0,5d}{0,5D} = \frac{2F-l}{2F}$$

$$\frac{d}{D} = 1 - \frac{l}{2F}$$

$$\frac{l}{2F} = \frac{D-d}{D}$$

$$F = \frac{lD}{2(D-d)}$$

$$F = \frac{8 \cdot 5}{2 \cdot (5-3)} = 10 \text{ см}$$

$$F = \frac{8 \cdot 5}{2 \cdot (5-3)} = 10 \text{ см}$$

Ответ!  $F = 10 \text{ см}$

Чистовик, лист 6 из 9

Вопросы:

1) Фокусное расстояние  $F$  - это расстояние, ~~на котором~~ <sup>после преломления</sup> от ~~на~~ оптического центра до точки, через которую <sup>проходят</sup> ~~идут~~ лучи (или их продолжение), которые шли параллельно главной оптической оси)

Оптическая сила  $D$  - величина, обратная фокусному расстоянию.  $D = \frac{1}{F}$ .

№ 2.8.1

Вопросы:

1) Парообразование бывает двух видов: испарение и кипение.

Испарение происходит при любой температуре, ~~то~~ ~~только~~ ~~тогда~~ ~~когда~~ ~~температура~~ ~~достигает~~ ~~некоторой~~ ~~величины~~ вещества испаряется только с поверхности. Кипение происходит при определенной температуре (температуре кипения), идет парообразование со всего объема.

2) Удельное теплота парообразования ( $L$ ) - энергия, требуемая для парообразования 1 кг вещества.  $L = \frac{Q}{m}$

Задача:

Решение:

Дано:

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$\rho_1 = 0,05 \text{ моль}$$

$$\rho_2 = 1 \text{ моль}$$

$$t = 20^\circ\text{C} \quad T = 293 \text{ K}$$

$$p_n = 2330 \text{ Па}$$

$$\omega = 0,23$$

$f = ?$

$$\left[ \begin{array}{l} V; \rho_1; \rho_2 \\ \vdots \\ \vdots \end{array} \right]$$

→

$$\left[ \begin{array}{l} V; T; f \\ \vdots \\ \vdots \end{array} \right]$$

$\rho_{02}$

1) Найдем количество вещества кислорода <sup>в</sup> в сухом воздухе

$$m_{02} = \rho_2 \cdot \mu_2 \cdot \omega$$

$m_{02}$  - масса кислорода

$\mu_2 = 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$  - молярная масса воздуха

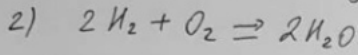
$$\rho_{02} = \frac{m_{02}}{\mu_{02}} = \rho_2 \cdot \omega \cdot \frac{\mu_2}{\mu_{02}}$$



Штосвик, лист 7 из 9

$M_{O_2}$  - молярная масса кислорода  $M_{O_2} = 32 \frac{г}{моль}$

$$\nu_{O_2} = 1,0,23 \cdot \frac{29}{32} = \frac{6,67}{32} = 0,21 \text{ (моль)}$$



т.е. количество вещества водорода равно количеству вещества воды.  $\nu_B = \nu_1 = 0,05 \text{ моль}$  (количество вещества воды)

$$\nu_1 = 0,05 \text{ моль} \quad \nu_{O_2} = 0,21 \text{ моль} \quad \nu_1 < \nu_{O_2}; \text{ значит}$$

в реакцию горения вступит только  $\nu' = 0,025 \text{ моль}$  кислорода и  $\nu_1 = 0,05 \text{ моль}$  водорода.

По уравнению Менделеева - Клапейрона найдём давление

3) Предположим, что конденсации не было. Найдём давление

водяных паров  $(p_B)$  по уравнению Менделеева - Клапейрона

$$p_B V = \nu_B R T \quad p_B = \frac{\nu_B R T}{V} \quad p_B = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 1217,4 \text{ (Па)}$$

$p_B < p_H$ , значит предположение верно, конденсации не было.

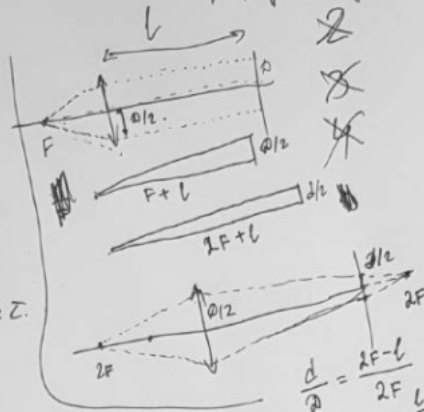
$$f = \frac{p_B}{p_H} \cdot 100\% \quad f = \frac{1217,4}{2330} \cdot 100\% \approx 52\%$$

Ответ:  $f = 52\%$

Криволик, мет 8 кг

размер шорт. отрезки  
и разн. длины.

- N 1. 2. 1. задача + формулы!
- $S = 100 \text{ м}$
- $T = 10 \text{ с}$
- $l = 25$
- $v_2 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$
- $v_1 = ?$



$$S^2 = x^2 + y^2$$

$$l^2 = 4S^2 \pm y^2 + (v_1 T)^2 - 2 \cdot y \cdot v_1 T + x^2 + (v_2 T)^2 + 2 \cdot x \cdot v_2 T$$

min расстояние

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_{12}$$

$$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_{12}$$

когда любая скорость равна 0.

$$v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = \frac{x}{y}$$

$$\text{или } x = \frac{v_1}{v_2} \cdot y$$

$$l^2 = S^2 + T^2(v_1^2 + v_2^2) + 2T \left( \frac{v_1}{v_2} v_2 x + v_2 y \right)$$

формула  $v = \frac{ds}{dt}$  или отношение раз пройденного расстояния к времени

если v const относительно скорости (отн. погв. со) вращение, затронутого на это.

$$\vec{v}_a = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_n$$

абсолютн. скор отн к погв со

$$1165 - 50\% = \frac{35 + 17,4}{2330} = \frac{52,4}{2330}$$

$$\begin{array}{r} 146,5 \\ \times 8,31 \\ \hline 11720 \\ + 11720 \\ \hline 1217,415 \end{array}$$

$$\frac{3 \cdot 106 \cdot 100}{100} = 316$$

$$1\% = 23,3$$

$$2\% = 46,6$$

$$\frac{36}{14} = 2,57$$

$$\frac{144}{36} = 4$$

$$\frac{144}{504} = 0,2857$$

$$\frac{144}{36} = 4$$

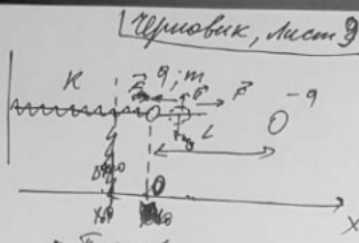
$$\frac{144}{36} = 4$$

$$5 \frac{4}{5} = 10 \frac{4}{5} = 10,8$$

$$10 \frac{4}{5} \cdot 5 \frac{4}{5} = 36 + 16 \frac{16}{25} = 54$$

N3, 8, 2.  
 m = 10 v.  
 q = 10<sup>-6</sup> ку.  
 L = 50 см (в.п.)

f = 1,47 Гц = 1,47 с<sup>-1</sup>  
 T = 1/f = 1/1,47 T = 2π/ω  
 K = ? ω = 2πf

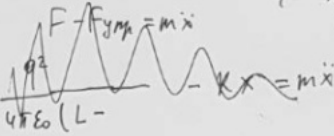


$$(L-x)^2 = (L(1-\frac{x}{L}))^2 = L^2(1-\frac{x}{L})^2$$

Уравнение Ньютона  
 X: F - F\_упр = m\ddot{x}

П.Р:  
 $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = Kx_0$   
 $-Kx = m\ddot{x}$   
 $\ddot{x} = -\frac{K}{m}x$   
 $\ddot{x} = -\omega^2(x-x_0)$

$$\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2(1-\frac{x}{L})^2} - Kx = m\ddot{x}$$

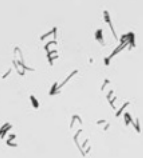


$$Kx_0 - \frac{2q^2x}{4\pi\epsilon_0 L^3} - Kx = m\ddot{x}$$

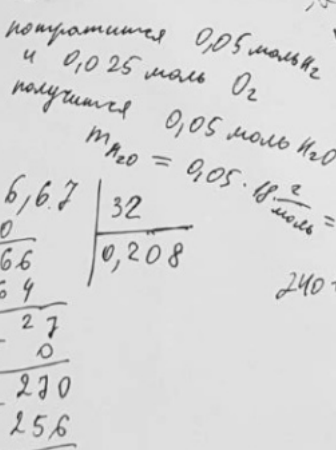
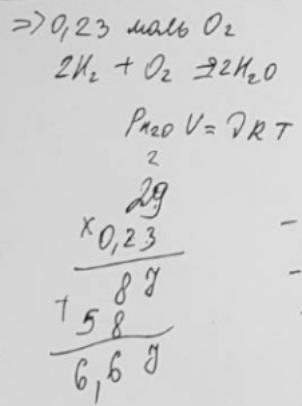
1,47<sup>2</sup> =  
 2,1609

72  
 x 23  
 144

V = 0,1 м<sup>3</sup> V<sub>1</sub> = 0,05 моль; V<sub>2</sub> = 1 моль.  
 t = 10<sup>0</sup> C; P<sub>H</sub> = 2330 Па  
 m<sub>H</sub> = 0,23 мА  
 $36 \frac{ку}{\pi} = \frac{36 \cdot 10^3 \mu}{3600 c}$



$$\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$



2,16  
 x 9,8  
 1728  
 1944  
 22168  
 215 = 43

240 + 16 2,16 (10 - 0,2) =  
 21,6 - 0,43 = 21,2