



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шумилов Алексей Юрьевич**

Класс: 11

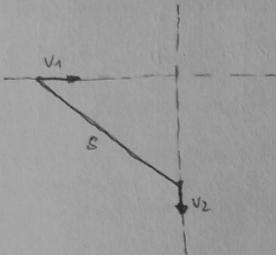
Технический балл: **92**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9936688

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	12	15	92
Вопрос	10	7	10	8	

1.2.1
Задача



$$s^{\min} = s = 100 \text{ м}$$

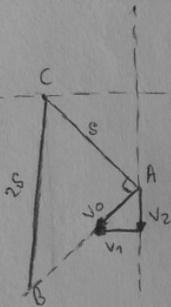
$$\tau = 10 \text{ с} \Rightarrow 2s$$

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

$$v_1 = ?$$

• перейдем в СО автомобиля ~ 1 .

В этой СО автомобиль ~ 1 покоится, а скорость автомобиля ~ 2 в Φ по 3-му закону сложения скоростей $\vec{v}_0 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.



Минимальное расстояние между автомобилями тогда, когда линия, их соединяющая, перпенд-на траектории движения ~ 2 в СО ~ 1 .

• через τ расстояние между автомобилями увеличилось, следовательно $|AC| = s$, $|BC| = 2s$, $|AB| = v_0 \tau$.

По Тх. Пифагора: $|AC|^2 + |AB|^2 = |BC|^2$

$$s^2 + v_0^2 \tau^2 = (2s)^2 = 4s^2$$

$$v_0^2 \tau^2 = 3s^2$$

Также по Тх. Пифагора: $v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$

$$(v_1^2 + v_2^2) \tau^2 = 3s^2 \Leftrightarrow v_1^2 + v_2^2 = \frac{3s^2}{\tau^2} \Leftrightarrow v_1 = \sqrt{\frac{3s^2}{\tau^2} - v_2^2}; \quad v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 100^2}{10^2} - 10^2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 50,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Вопрос

• Скорость:

1) средняя скорость - векторная физическая величина, равная отношению перемещения, совершённого телом за некоторый интервал времени, к этому интервалу времени.

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

2) мгновенная скорость - векторная физическая величина, равная пределу отношения перемещения, совершённого телом за некоторый интервал времени, к этому интервалу времени при стремлении его к нулю.

$$\vec{v}_{\text{мгн}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}} - \text{производная перемещения по времени.}$$

Измеряются в метрах в секунду $[\frac{\text{м}}{\text{с}}]$.

Чистовик | 2

(1.2.1.) (продолжение)

• 3-и сложение скоростей.

Если в системе отсчёта K' скорость тела равна $\vec{v}_{отн}$, и скорость системы отсчёта K' относительно системы отсчёта K равна $\vec{v}_{пер}$, то скорость тела в системе отсчёта K равна $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$.

$\vec{v}_{абс}$ - абсолютная скорость

$\vec{v}_{отн}$ - относительная скорость

$\vec{v}_{пер}$ - переносная скорость.

Числовик. 13

2.8.1

Вагара

~~Вагара~~

$$n_1 = 0,05 \text{ моль}$$

H₂

$$n_2 = 1 \text{ моль}$$

сух. възд.



$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

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

$$p_H = 2330 \text{ Па}$$

$$w(\text{O}_2) = 23\%$$

$$f = ?$$

- Реакция сгорания водорода:



Отсюда видно, что для этой реакции нужно в 2 раза больше водорода, чем кислорода. Всего водорода $n_1 = 0,05$ моль \Rightarrow кислорода нужно $\frac{n_1}{2} = 0,025$ моль. При этом всего кислорода $w \cdot n_2 = 0,23$ моль $> 0,025$ моль \Rightarrow кислорода хватает для реакции. Тогда в рез-те реакции образуется $n_0 = n_1$ моль ~~сух.~~ H₂O.

- Ур-е Менделеева-Клапейрона для пара после проведения реакции:

$$pV = n_0 RT \Rightarrow p = \frac{n_0 RT}{V}$$

- По определению: ~~$f = \frac{p_H}{p} = \frac{p_H V}{n_0 RT}$~~

$$f = \frac{p}{p_H} = \frac{n_0 RT}{p_H V} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330 \cdot 0,1} \approx 0,52 ; \quad f = 52\%$$

Вопрос:

- Виды парообразования:

1) испарение-явление вылета наиболее быстрых молекул с поверхности жидкости. Происходит при любой температуре. Происходит тем интенсивнее, чем выше тем-ра, ниже давление. Вылетают наиболее быстрые молекулы, способные преодолеть силу притяжения со стороны молекул жидкости.

2) кипение-интенсивное образование пара по всему объему жидкости. Происходит при опред. тем-ре для каждого давления.

- Удел. теплота парообразования-коп-во теплоты, к-е необх-но сообщить единице массы жидкости для превращения её в пар обозначается буквой L . Измеряется в джоулях на кг килограмм. $[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}]$.

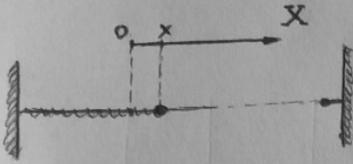
Чистовик | 4

3.8.2.

Задача

$m, g, L, f, \epsilon_0, k = ?$

$(1+x)^n \approx 1+nx \quad nx \ll 1.$



Рассмотрим ситуацию до смещения шарика.

Запишем условие его равновесия: $F_3(L) = k \Delta x_0$, где

$F_3(L)$ - сила взаимодействия шариков, когда они на расст. L ; Δx_0 - начальное растяжение пружины.

$$\frac{k q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} = k \cdot \Delta x_0 \Rightarrow \Delta x_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 k L^2}$$

Теперь рассмотрим ситуацию, когда шарик сместили на малое расстояние x .

Запишем II з-н Ньютона для шарика (q): $m \ddot{x} = F_3(L-x) - k \cdot (\Delta x_0 + x)$

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

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

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

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

$$m \ddot{x} + \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^2} \right) x = 0 \Rightarrow \text{ур-е гармон. колебл.} \Rightarrow f^2 = \frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^2}}{m}$$

$$k = m f^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^2}; \quad k = \left(10 \cdot 10^{-3} \cdot 1,47^2 + \frac{10^{-12}}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,15^2} \right) \frac{H}{M} = \left(10^{-2} \cdot 1,47^2 + \frac{8}{2\pi \cdot 8,85} \right) \frac{H}{M}$$

$$k = (0,023 + 0,143) \frac{H}{M} = 0,166 \frac{H}{M} \approx 0,17 \frac{H}{M}$$

Вопросы

• Напряжённость эл. поля - векторная физическая величина, равная отношению силы, действующей в данной точке простран-ва на некоторый точечный заряд, к этому заряду. Измеряется в вольтах на метр $[\frac{В}{М}]$.

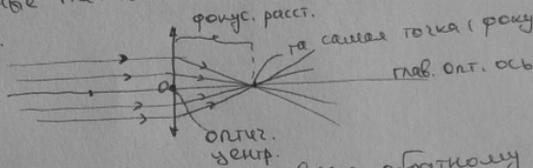
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \text{ Направление } \vec{E} \text{ совпадает с направлением } \vec{F}, \text{ действующим на полож. заряд.}$$

• Принцип суперпозиции эл. полей: если в некотор. точке пространства к зарядов созданы напряжённости $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$, то результирующая напряжённость в данной точке равна вектор. сумме этих напряжённостей: $\vec{E}_0 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$.

Ч. 1. 1.

Вопросы

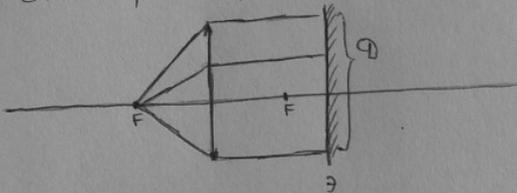
- Фокусное расстояние - расстояние от оптического центра линзы до точки, в которой собираются параллельные главной оптической оси линзы лучи, прошедшие через линзу. Измеряется в метрах.



- Оптическая сила - физическая величина, равная обратной фокус. расстоянию. $D = \frac{1}{F}$. Измеряется в диоптриях. [дптр]. Харак-т способ-ть линзы и преломлению.

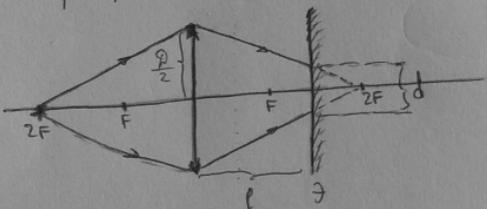
Задача

- Сначала рассмотрим ситуацию, когда точеч. источник находится в глав. фокусе.



По св-ву линзы лучи, идущие через ~~фокус~~ глав. фокус, после преломления идут параллельно. А так как линза плотно вставлена в отверстие, то диаметр светлого пятна D равен длине ~~линзы~~ линзы.

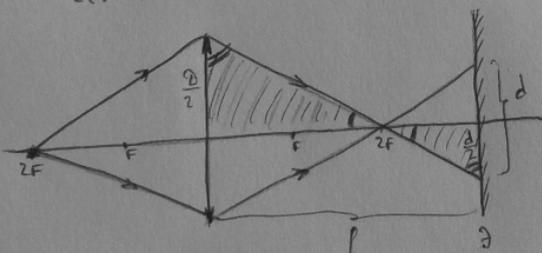
- Теперь рассмотрим ситуацию, когда точеч. источник в точке на удвоен. фокус. расст.



Из ф-лы тонкой линзы получаем, что если бы экран не было, лучи после преломления собрались бы в удвоен. фокусе: $\frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \Leftrightarrow f = 2F$.

Из геометрии: $\frac{\frac{D}{2}}{2F} = \frac{\frac{d}{2}}{2F - l} \Leftrightarrow 2Fd = 2FD - lD \Leftrightarrow 2F(d - D) = -lD \Leftrightarrow F = \frac{lD}{2(D - d)}$

Получилось, что $F > l$, что не согласуется с нашим рисунком. Перерисуем:



Тогда из подобия получим, получим:

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

$$2F(d + D) = lD$$

$$F = \frac{lD}{2(D + d)} = \frac{8.5}{2(5 + 3)} = 2.5 \text{ см.}$$

$l > 2F \Rightarrow$ это согласуется с рисунком.

ответ: 2,5 см.

Черновик | 7

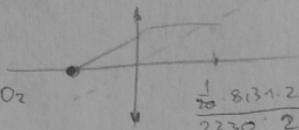
$$36 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 36 \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = \frac{36}{3,6} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$s = 200 \text{ м} \cdot \left(\frac{100}{10}\right)^2 = 3 \cdot 10^2 - 10^2 = 2 \cdot 10^2$$

Скорость — средн.
мгнов.
нужная

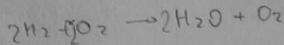
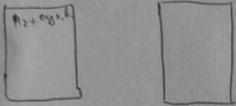
первообр. — кипение
испарение

средняя скорость



$$87 \cdot \frac{6}{10} = 52,2$$

$$= 9,76 = 98 + 4,2$$



$$\begin{array}{r} 1,293 \\ 8,31 \\ \hline 2,330 \\ 87,9 \\ \hline 2344,83 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2330 \\ 2330 \cdot 4 = 9320 + 1200 + 16 \\ \hline 2330 \\ 10500 \end{array}$$

$$\frac{1}{20} \cdot 8,31 \cdot 293 \cdot 4 = \frac{9800 + 1200 + 16}{2330 \cdot 2} = 2320$$

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

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

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

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

$$\left(1 - \frac{x}{L}\right)^2 \approx 1 + 2 \cdot \left(-\frac{x}{L}\right) = 1 - \frac{2x}{L}$$

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

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

$$\frac{1}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{1}{\frac{1}{4}} = 4$$

$$\frac{8}{56} = \frac{1}{7}$$

$$\begin{array}{r} 1 \overline{) 7} \\ -0 \overline{) 0,1428} \\ -1 \overline{) 0} \\ \hline 30 \\ -28 \\ \hline 20 \\ -14 \\ \hline 60 \end{array}$$

$$2 \cdot 3,14 = 6,28$$

$$PV = CRT$$

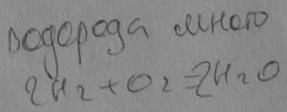
$$10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{1}{1000} \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{1}{3600} 2$$

$$B = 2 \cdot P$$

$$= 10\sqrt{2} \cdot \frac{3600}{1000} \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 10\sqrt{2} \cdot 3,6 = 36\sqrt{2}$$

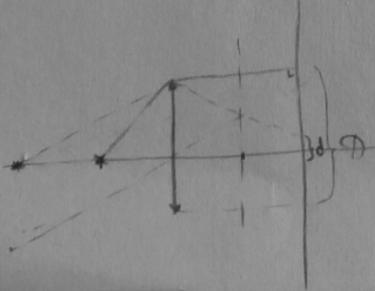
$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2F} \quad f = 2F$$



ага
есть 87%

$$0,025$$



$$\begin{array}{r} 236 \\ 144 \\ \hline 360 \\ 1440 \\ \hline 50760 \end{array}$$

$$140 \cdot 36$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ + 36 \\ \hline 84 \\ 140 \\ \hline 504 \end{array}$$