



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Спиркина Дарья Олеговна**

Класс: 11

Технический балл: **88**

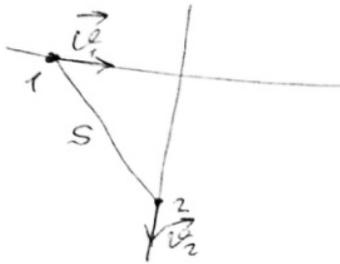
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9956917

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	88
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>0</i>	

Читовик

Задача 1.2.1

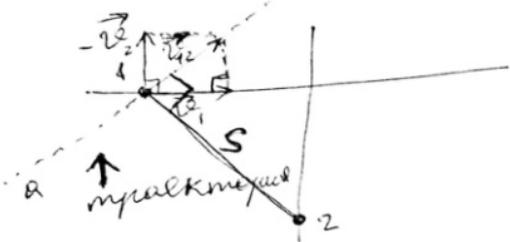


$$S_1 = 100 \text{ м} = 0,1 \text{ км}$$

$$T = 10 \text{ с} \Rightarrow S_2 = 0,2 \text{ км}$$

$$v_1 = ? \quad v_2 = 36 \text{ км/ч} = \frac{36 \cdot 1000}{3600} \text{ м/с} = 10 \text{ м/с}$$

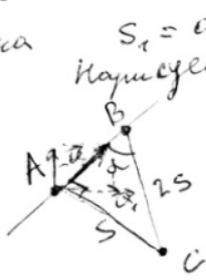
Перейдем в систему отсчета, связанную со 2-м автомобилем.



$$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_1 + (-\vec{v}_2) \leftarrow \text{Это скорость первого автомобиля от системы второго}$$

По условию, минимальное расстояние равно $S = 0,1 \text{ км}$.

В системе отсчета 2-ого автомобиля минимальное расстояние равно $S = 0,1 \text{ км}$. В системе отсчета второго автомобиля минимальное расстояние достигается, когда обе машины находятся на высоте к траектории (расстояние от точки до прямой - высота из точки на прямую). Значит, высота из точки 2 к траектории 1-го авт. отсюда видно равно $S_1 = 0,1 \text{ км}$.



Нам нужен гипотенуза:

$$\vec{v}_{12}^2 = \vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 \quad (\text{по т. Пифагора})$$

$$|\vec{v}_{12}| = \sqrt{|\vec{v}_1|^2 + |\vec{v}_2|^2}$$

Угол α лежит против стороны, равной $\frac{1}{2}$ от гипотенузы

1

Значит, ^{числовик} при $\alpha = 30^\circ \Rightarrow AB = \cos \alpha \cdot 2S =$
 $= \sqrt{3} \cdot S = |\vec{v}_{12}| \cdot \tau$

Следовательно,

$$|\vec{v}_{12}| = \frac{\sqrt{3}S}{\tau} \Rightarrow \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \frac{\sqrt{3}S}{\tau} \Rightarrow |v_1| = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - v_2^2}$$

$$|v_1| = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^4}{10^2} - 10^2} \text{ м/с} = 10\sqrt{2} \text{ м/с} = 36\sqrt{2} \text{ км/ч}$$

Ответ: $36\sqrt{2} \text{ км/ч} \approx 50,9 \text{ км/ч}$

Вопросы: Дать определение скорости. Сформулировать закон сложения скоростей:

Скорость - это векторная физическая величина, показывающая направление движения и характеризующая, насколько быстро перемещается материальная точка в данной координатной системе.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r(t+\Delta t) - r(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}(t)}{\Delta t}, \text{ где } \vec{r}(t) \text{ — радиус вект.,}$$

математически на к.в.

Модуль вектора \vec{v} в декартовой сист. координат позволяет найти меру скорости. Для декартовой сист. координат $r(t) = \{x(t), y(t), z(t)\}$

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

где v_x, v_y, v_z - проекции вектора скорости на оси координат Ox, Oy, Oz

Закон сложения скоростей помогает переходить из одной СО в другую

0 = 1/2
 MN
 S''N
 4FJ
 1)
 = =

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{1}{2F}, x - \text{расст}$$

От линзы до изобр S''

Может быть два случая: либо рас-
 стояние до экрана $l > 2F$, либо $l < 2F$.
 Рав. $l = 2F$ невозможно, иначе вообще
 нет случая изображения (метка) бы
 бы точечным

Случай $l > 2F$ изобр на рис. 2.

Границы метки будут обр. лучами
 идущими через края линзы. ПТ. К.

$$S'O = OS'', OB - \text{общая и } \angle BOS' = \angle BOS'' = 90^\circ, m$$

($OB = \frac{1}{2}D$)

$\Delta S'OB = \Delta S''OB$ (по первому приу. рав.)

но $\angle BS''O = \angle HSN$ как вер-
 \perp
 тикальные, а $\Delta HNS''$ - прямоуг.

$\Delta BS''O \sim \Delta HNS''$ (по двум углам)

H - точка перес. ПОО с
 ну. то экраном)

M и N \rightarrow края метки



Симметрично.

$$\angle = \angle B S'' O \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{B O}{S'' O} = \frac{\frac{D}{2}}{2F} = \frac{D}{4F} \quad \text{или}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M N}{S'' H} = \frac{\frac{d}{2}}{l - 2F} = \frac{d}{2l - 4}$$

$$\frac{D}{4F} = \frac{d}{2l - 4F} \Rightarrow 2lD - 4FD = 4FD \Rightarrow$$

$$F = \frac{2lD}{4(D+d)} = \frac{lD}{2D+d} \Rightarrow$$

$$\text{Случай } l < 2F \quad \Rightarrow F = \frac{8 \cdot 5}{2(3+5)}$$

S'' System симметрично.

$M' H' N'$ аналогично $M H N$ только
 перевернуто относительно S'' .

$$\gamma < M' S'' H'$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\frac{d}{2}}{2F \cdot l} = \frac{M A B''}{H S''} = \frac{d}{4F - 2l}$$

$$\Delta B O S'' : \operatorname{tg} \gamma = \frac{B O}{O S''} = \frac{\frac{D}{2}}{2F} = \frac{D}{4F}$$

Ответ: если $l > 2F$, то $F = 2,5 \text{ см}$

если $l < 2F$, то $F =$

$$= 10 \text{ см}$$

$$= 0,1 \text{ м}$$

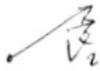
(12)

исходные

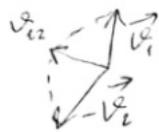
$$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$

Скорость первой МТ относительно второй

Скорость второй МТ в лабр. СС
Скорость первой МТ в лабр. СС



"лабораторная" СС



$$\vec{v}_{22} = \vec{0}$$

МТ - материальная точка

СС, связанная со второй М.Т.

В системе, связанной с собой МТ имеет по закону сложения скорости, равную $\vec{0}$. $\vec{v}_{22} = \vec{v}_2 - \vec{v}_2 = \vec{0}$

3

Задача 2.8.1

Числовик

$$V = 0,1 \text{ м}^3$$

$$V_1 = 0,05 \text{ моль } \text{H}_2$$

$$V_2 = 1 \text{ моль сух. "воздух"$$

$$f_{\text{воздух}} = ?$$

$$T = t - 20^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{H}_2O}(t=20^\circ\text{C}) = 2330 \text{ Па}$$

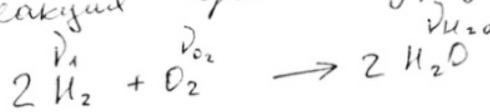
$$f_{\text{воздух}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}}}$$

$$m_{\text{O}_2} = 0,23 M_{\text{воздух}}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$P_{\text{H}_2\text{O}}$ - парциальное давление паров воды в воде.

Уравн. реакции горения водорода:



Если горит весь водород, то количество пара воды меньше V_1 моль воды, но кислорода нужно в 2

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_1$$

$$m_{\text{O}_2} = V_{\text{O}_2} M_{\text{r}}(\text{O}_2) = 0,23 V_{\text{воздух}} M_{\text{r}}(\text{воздух})$$

чтобы хватило кислорода должно быть

$$V_{\text{O}_2} = \frac{0,23 \cdot V_{\text{воздух}} \cdot M_{\text{r}}(\text{воздух})}{M_{\text{r}}(\text{O}_2)}$$

$$V_{\text{O}_2} \geq \frac{V_1}{2} = 0,025 \text{ моль}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{0,23 \cdot 1 \cdot 29}{32} \approx 0,21 \text{ моль}$$

$0,21 \geq 0,025$ моль \Rightarrow кислорода хватит на полное горение H_2 .

(2)

Если вода испарится полностью, то по закону Менделеева-Клапейрона:

$$f = \frac{P_{H_2O}}{P_H} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1 \cdot 2330} \approx 0,52 < 1 \Rightarrow \text{закисит,}$$

В процентах
 $\approx 52\%$

вода испарится
 в количестве
 т.к пар еще не
 стал насыщенным

Ответ: $\approx 52\%$

Вопросы какие виды парообразования вы знаете?
 Каким образом определить удельную теплоту парообразования.

Парообразование - это переход из конденсированной фазы в газовую. Мне известны два вида парообразования:

1) Испарение - переход вещества с поверхности жидкой фазы в газообразное (если в бидюде не почва налиты воды, она к утру испарится)
 Обратный процесс конденсация.

2) Возгонка - переход вещества с поверхности твердой фазы в газовую (таление сухого льда)
 Обратный процесс - сублимация

3) кипение - процесс парообразования как на поверхности жидкости, так и внутри неё

5) Пузыри внутри кипелции жидкости

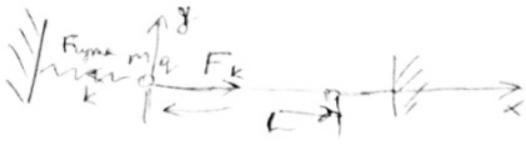
числа
 содержат насыщенного пар. А сам процесс
 достигается при давлении, равном давлению
 насыщенного пара той жидкости при дан-
 ной температуре кипения.

Удельная теплота парообразования - это
 количество энергии (тепла), которое нужно
 передать жидкости массой 1 кг, чтобы она
 ушла в пар при данной тем-
 пературе в процессе испарения. Удельная
 теплота конденсации равна $q_{\text{г}}$ теплоте
 парообразования.
 (обратный процесс)

$$Q = L \cdot m \Rightarrow L = \frac{Q}{m}, \text{ где } L - \text{удельная теплота парообразования}$$

Q - теплота, переданная
 жидкости для её
 полного испарения
 m - масса воды

Задача 2 3.8.2. ~~Упругая пружина~~ Упругая пружина



$m = 10^{-2} = 0,01 \text{ кг}$
 $q = 10^{-6} \text{ Кл}$
 $L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $f = 1,47 \text{ Гц}$
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$k = ?$

Пружина жесткая, т.к. сдвига малая. $(1+x)^2 = 1+2x$, $2x \ll 1$

Зададим ось Ox направим вдоль пружины вправо шариков, по направлению к шарикам $(-q)$ (горизонтально)

На шарик m в горизонтальном направлении действуют две силы: от пружины и от заряда $(-q)$. Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось Ox :

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

$a_x = \ddot{x}$

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

L_0 - расстояние пружины в положении равновесия

$$m \ddot{x} + kx = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} - kL_0 + \frac{2xq^2}{4\pi\epsilon_0 L^3}$$

В положении равновесия:

$$kL_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

Круги $+$ и $-$ указывают на то, что $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} - kL_0 = 0$ и являются нулевыми членами уравнения.

(+)

~~Уравнение Ньютона~~
Уравнение Ньютона

$$m \ddot{x} + x \left(k - \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \right) = 0$$

$$x'' + x \left[\frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}{m} \right] = 0 = \omega_0^2$$

$$\frac{k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}{m} = \omega_0^2 = (2\pi f)^2$$

⇓

$$k = (2\pi f)^2 m + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} = 4\pi^2 f^2 m + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$k = 4\pi^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,01 + \frac{10^{-12}}{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} \approx 0,997 =$$

Ответ: $k \approx 1,00 \text{ Н/м}$ $\approx 1 \text{ Н/м}$

Вопрос

Напряженность эл поля \vec{E} — это векторная физическая величина, показывающая направление и величину электрического поля в данной точке и равная отношению сил \vec{F} действующей со стороны эл поля на пробный (не меняющий внешней конфигурации и самого поля) неподвижный точечный заряд, помещенный

в данную точку к величине q этого заряда:

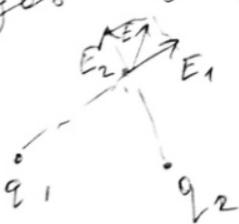
$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2 \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2} \\ &= \frac{1 \cdot q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{-2} \\ &\approx \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \left(1 + 2\frac{x}{L}\right) = \\ &= \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} + \frac{2xq^2}{4\pi\epsilon_0 L^3} \end{aligned}$$

$m \cdot k \quad 2 \frac{x}{L} \ll 1$
но учтем
х мале по
сравнению с L

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow F = q \vec{E}$

измеряется напряженность в $[\frac{H}{FA}]$ в СИ или в $[\frac{В}{m}]$

Принцип суперпозиции электрических полей гласит, что в каждой точке пространства напряженность результирующего электрического поля будет равна векторной сумме напряженностей от каждого источника поля в отдельности (как если бы остальных не было), например, поле, созданное системой n зарядов в каждой точке пространства будет равняться векторной сумме напряженностей от каждого из n зарядов в отдельности.



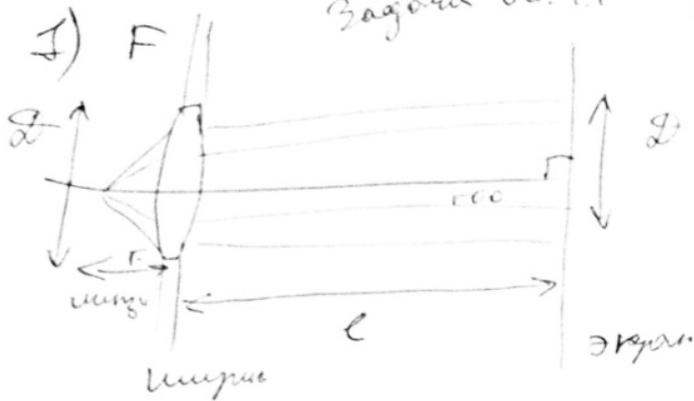
$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ - результирующее поле (где два заряда в точке A)

Принцип суперпозиции является действующим принципом и следует из линейности уравнений Максвелла.

Также из него следует, что энергия системы зарядов есть сумма энергий всех пар взаим. зарядов

$W = W_{12} + W_{13} \dots W_{in} + \dots W_{n-1n}$
 $- i, j, m$

Задача № 11 Числен



$l = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$
 $D = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$
 $d = 3 \text{ см} = 0,03 \text{ м}$
 $F = ?$

рис. 1.

В первом случае лучи исходят от источника, находящегося в фокусе линзы, проходят через

линзу, становятся параллельными главной оптической оси (ГОО), а значит, если нет объектива, то величина будет соответствовать самой линзе, т.к. крайние лучи пройдут на экран с краев линзы параллельно

По св-ву фокуса линзы (собирающей)

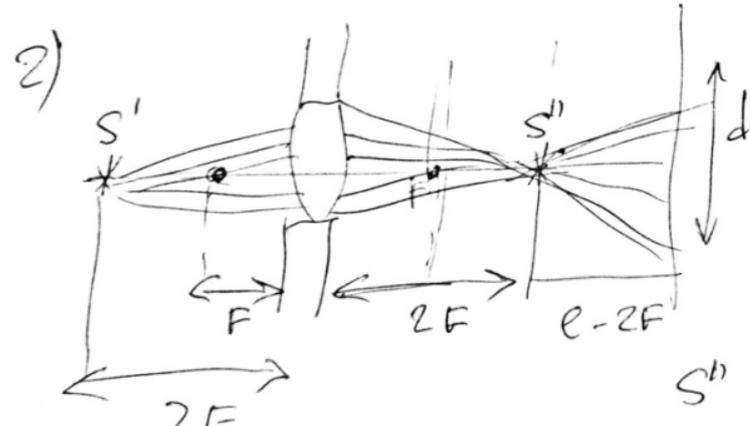


рис. 2

Во втором случае что из того что из фокуса линзы что из границы точки с линзы следует, что изобретательной источник S''

S' будет находиться на каком-то расстоянии от линзы, что и источник S', только с другой стороны,

10