МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Титов Дмитрий Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **82**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9924885

	1	2	3	4	∑
Задача	*15*	*15*	*13*	*7*	***82***
Вопрос	*7*	*10*	*7*	*8*	

Чистовик №2.8.1 (1)

Дано:
$V = 0{,}1\ м^3$
$\nu_{H_2} = 0{,}05$ моль
$\nu_в = 1$ моль
$T = 293\ К$
$P = 2330$ Па
$w_{O_2} = 0{,}23$

$\varphi = ?$

Решение:
После сгорания водорода, в сосуде появится водяной пар
Найдем ν_{H_2O}:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

0,05 моль $\quad \nu_{O_2} = \frac{1}{2}\nu_{H_2} \quad \nu_{H_2O} = 0{,}05$ моль

Т.к. $\nu_{O_2} > 0{,}025$ моль ($\nu_{O_2} = 1 \cdot 0{,}23 = 0{,}23$ моль), то H_2 полностью сгорит
$\Rightarrow \nu_{H_2O} = 0{,}05$ моль

Найдем P_{H_2O} с помощью УМК:

$$P_{H_2O} \cdot V = \nu RT \Rightarrow P_{H_2O} = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0{,}05 \cdot 8{,}31 \cdot 293}{0{,}1} \approx 1216\ Па$$

$$\varphi = \frac{P_{H_2O}}{P_{н.п}} = \frac{1216}{2330} \approx 0{,}52$$

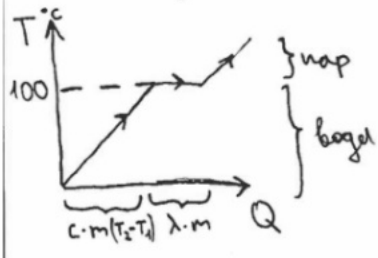
Ответ: 0,52

Вопросы:

Виды парообразований:
1) Испарение – перемещение молекул газа с поверхности жидкости
2) Кипение – процесс перехода вещества из жидкости в газообразное состояние

У каждых веществ разная точка кипения, после которой начинается парообраз. Например, при достижении водой $t = 100°C$, она начинает впитывать энергию только для кипения, и в это время t остается неизменной

— — —



Удельная теплота парообразования – величина, характеризующая: какое количество Q нужно для парообразования одной единицы массы вещества

$$\lambda = \frac{Q}{m}\ \left[\frac{Дж}{кг}\right]$$

9924885

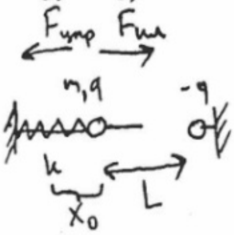
Чистовик №3.8.2

2

Дано:
$m = 0{,}01$ кг
$q = 10^{-6}$ Кл
$L = 0{,}5$ м
$\nu = 1{,}47$ Гц

$k = ?$

Решение:

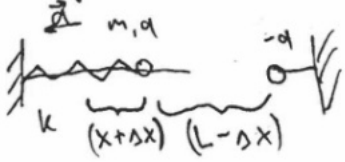


Найдём x_0 в положении равновесия:

По 2зН: $kx_0 - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} = 0 \Rightarrow x_0 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2 k}$

После смещения на малое расстояние Δx начнутся колебания

Запишем 2зН:



$$Ox:\ k(x_0 + \Delta x) - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (L-\Delta x)^2} = ma$$

Подставим полученное выше значение $x_0 \Rightarrow$

$$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 (L-\Delta x)^2} + k\Delta x = ma\text{, где } a = \omega^2 \cdot \Delta x$$

$$\frac{\cancel{q^2L^2} - q^2 \cdot 2\Delta x - \cancel{q^2L^2}}{4\pi\varepsilon_0 L^2 (L-\Delta x)^2} + k\Delta x = m\omega^2 \cdot \Delta x \quad \Big|:\Delta x$$

$$k - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2 (L-\Delta x)^2} = m\omega^2\ ;\ \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^2 (L-\Delta x)^2} \approx \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^4}$$

т.к. Δx – малое расстояние

$$k - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^4} = m\omega^2\ ;\ \omega^2 = \frac{k}{m} - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^4 m} = 4\pi^2\nu^2$$

$$k = 4\pi^2\nu^2 m + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^4} = 4\cdot 3{,}14^2 \cdot 1{,}74^2 \cdot 0{,}01 + \frac{2\cdot 10^{-6}\cdot 10^{-6}}{4\cdot 3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}5^4}$$

$$k \approx 40\cdot 3\cdot 0{,}01 + \frac{8\cdot 10^{-12}}{3{,}14\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}} \approx 1{,}2 + 0{,}3 = 1{,}5\ Н/м$$

Ответ: 1,5 Н/м

Вопросы:

Напряжённость – силовая характеристика электрического поля $\left[\frac{Вт}{м}\right]$

Найти ее можно различными способами

$$\left[E = \frac{F}{q}\right]$$

в фигурах

По ОГТ: $E \cdot S = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{Q}{S\varepsilon_0}$, где

Q – заряд фигуры

S – площадь поверхности фигуры

ε_0 – $8{,}85\cdot 10^{-12}$ Ф/м

в конденсаторе

$E = \frac{U}{d}$, где

U – напряжение конд.

d – расстояние между обкладками

$E = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$, где

q – заряд пласт.

S – площадь пласт.

ε_0 – $8{,}85\cdot 10^{-12}$ Ф/м

Чистовик

Принцип суперпозиции E заключается в вычитании (или складывании) напряженно

Представим окружность, в которой расположено 6 зарядов $= |q|$ 3

Заряды (6 и 3), (5 и 2) имеют одинаковый знак, поэтому

$E_{63} = E_{52} = E_5 - E_2 = 0$ — компенсируют друг-друга

С зарядами (1 и 4) будет по-другому:

$E_{14} = E_1 + E_4 = 2E$, т.к. они имеют одинаковые знаки

Такой прием сработает в любых конфигурациях системы

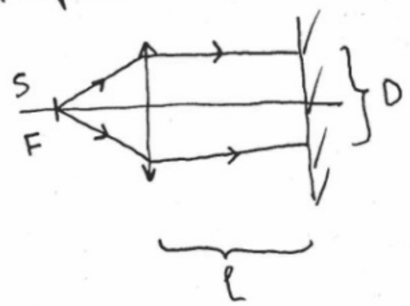
№ 4.1.1.

Дано:
$l = 8$ см
$D = 5$ см
$d = 3$ см

$F = ?$

Решение:

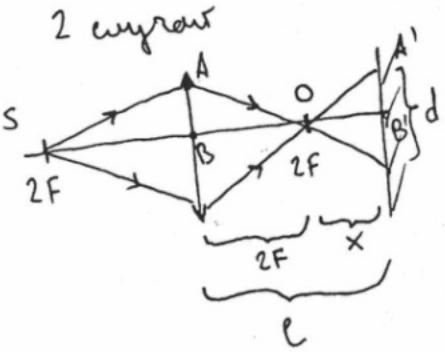
1 случай



По условию сказано, что источник S расположен в F => лучи пойдут прямо

В таком случае D = высоте линзы

2 случай



Источник S расположен в точке 2F =>

Найдем значение f с помощью ФТЛ:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{2F \cdot F}{2F - F} = 2F$$

Линзу и экран не перемещали, поэтому между ними останется $l = 8$ см

Выразим x через F с помощью подобия ΔAOB и $\Delta A'OB'$:

$\frac{2F}{x} = \frac{AB}{A'B'}$, где $AB = \frac{D}{2} = 2{,}5$ см, а $A'B' = \frac{d}{2} = 1{,}5$ см

$x = \frac{1{,}5 \cdot 2F}{2{,}5} = \frac{3F}{2{,}5} = \frac{6F}{5}$ => подставим в $l = 2F + x$

$8\text{ см} = 2F + \frac{6F}{5}$; $8\text{ см} = \frac{16}{5}F \Rightarrow F = 2{,}5$ см

Ответ: $F = 2{,}5$ см

Вопросы:

Фокусное расстояние линзы - расстояние от оптического центра линзы до её главного фокуса. [м]

Сила тонкой линзы - величина, обратная фокусному расстоянию линзы [Дптр]

Найти значение F и D можно с помощью формулы тонкой линзы: (

$$+\frac{1}{F} = +\frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$ где d – расстояние от линзы до источника [м]

f – расстояние от линзы до изображения [м]

"+" – если изображение находится с другой стороны от источника

"–" – если изображение находится в одной стороне с источ.

"+" – если изображение действительное

"–" – если изображение мнимое

"+" – если линза собирающая

"–" – если линза рассеивающая

Также при $d = F$, $f = 0$ – т.к. лучи пойдут ‖ главной оптической оси

$d = 2F$, $f = 2d$ – из ФТЛ

№1

Дано:

$S = 100$ м

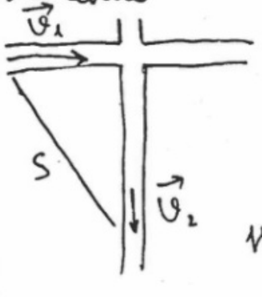
$S' = 2S = 200$ м

$v_2 = 36$ км/ч $= 10$ м/с

$t = 10$ с

$v_1 = ?$

Решение



v_2 будет увеличивать S между машинами

v_1 уменьшает значение S

$v_{отн}$ будет одинакова в любое t движение

Найдем $v_{отн}$ с учетом направлений v_1 и v_2:

$$v_{отн} = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \frac{S' - S}{t}$$; возведем всё в квадрат

$$v_1^2 - v_2^2 = \frac{(S' - S)^2}{t^2} = \frac{100^2}{10^2}$$

$$v_1^2 - 10^2 = 100 \Rightarrow v_1^2 = 2 \cdot 100 = 200$$

$$v_1 = \sqrt{200} = 10 \cdot \sqrt{2} \text{ м/с} \approx 14 \text{ м/с}$$

Ответ: 14 м/с

Вопросы:

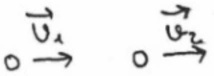
Скорость – векторная физическая величина, характеризующая быстроту перемещения мат. точки [м/с]

Её можно найти с помощью: при равноускоренном движ: $v = v_0 + at = \frac{S}{t} - \frac{at}{2}$

при равномерном движ.: $v = \frac{S}{t}$

Если движение изменяется нелинейно ($a \neq const$), то υ можно найти с помощ. закона сохранения энергии: $\frac{m\upsilon_1^2}{2} + A = \frac{m\upsilon_2^2}{2} \Rightarrow \upsilon_2 = \sqrt{\frac{2A}{m} - \upsilon_1^2}$ (5)

Сложение скоростей ($\upsilon_{отн}$) зависит от их направлений:

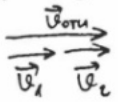


$S = \upsilon_2 \cdot t - \upsilon_1 \cdot t$

$S = \upsilon_{отн} \cdot t$

$\Downarrow$

$\upsilon_{отн} = \upsilon_2 - \upsilon_1$

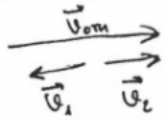


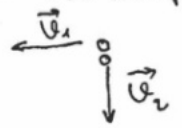
$S = \upsilon_1 \cdot t + \upsilon_2 \cdot t$

$S = \upsilon_{отн} \cdot t$

$\Downarrow$

$\upsilon_{отн} = \upsilon_1 + \upsilon_2$



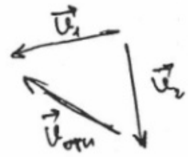


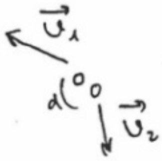
$S_1 = \upsilon_1 t$, $S_2 = \upsilon_2 t$

$S = \sqrt{S_1 + S_2} = \upsilon_{отн} \cdot t$

$\Downarrow$

$\upsilon_{отн} = \sqrt{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2}$



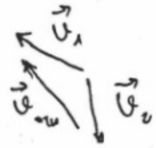


$S_1 = \upsilon_1 \cdot t$; $S_2 = \upsilon_2 \cdot t$

$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 - 2S_1 S_2 \cos\alpha}$

$\Downarrow$

$\upsilon_{отн} = \sqrt{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 - 2\upsilon_1 \cdot \upsilon_2 \cdot \cos\alpha}$



~~Черновик~~ Черновик (6)

Дано:
$S = 100$ м
$t = 10$ с
$\vartheta_2 = 36$ км/ч

$\vartheta_1 = ?$

Решение:

$S' = 2 \cdot S = 200$ м

По т. Пифагора: $S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \Rightarrow S^2 = S_1^2 + S_2^2$

$2S = \sqrt{(S_1 - \vartheta_1 t)^2 + (S_2 + \vartheta_2 t)^2}$

$S_1 = \sqrt{S^2 - S_2^2}$

$\vartheta_2 = 10$ м/с

$S = \vartheta t + \frac{at^2}{2}$

$4S^2 = S_1^2 - 2S_1\vartheta_1 t + \vartheta_1^2 t^2 + S_2^2 + 2S_2\vartheta_2 t + \vartheta_2^2 t^2$

$3S^2 = \vartheta_1^2 t^2 - 2S_1\vartheta_1 t + 2S_2\vartheta_2 t + \vartheta_2^2 t^2$

$\vartheta = \frac{S}{t} - \frac{at}{2}$

$\vartheta_1 \cdot \cos\alpha = \vartheta_2 \cdot \cos\beta$

$\vartheta_1 \cdot \frac{\alpha}{S} = \vartheta_2 \cdot \frac{\beta}{S}$ $\qquad \alpha = \frac{\vartheta_2 \cdot \beta}{\vartheta_1}$

$S = \sqrt{\beta^2 + \frac{\vartheta_2^2 \cdot \beta^2}{\vartheta_1^2}} = \beta\sqrt{1 + \frac{\vartheta_2^2}{\vartheta_1^2}} = \frac{\beta}{\vartheta_1}\sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}$

$2S = \sqrt{\left(\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}\beta - \vartheta_1 t\right)^2 + (\beta + \vartheta_2 t)^2}$

$\vartheta_{отн} = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}$ $\qquad 100 = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2} \cdot 10$

~~$\vartheta_{отн} = \sqrt{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2} = 71$~~ $\qquad$ ~~$100 = \sqrt{\vartheta_1^2 - 100}$~~.

$\vartheta_{отн} = \sqrt{\vartheta_1^2 - \vartheta_2^2}$

$\vartheta_1 \cdot \frac{\alpha}{S} = \vartheta_2 \cdot \frac{\beta}{S}$; $\vartheta_1 \cdot \frac{\alpha + \vartheta_1 t}{2S} = \vartheta_2 \cdot \frac{\beta + \vartheta_2 t}{2S}$

$\frac{\alpha}{S} = \frac{\alpha + \vartheta_1 t}{2S} \Rightarrow \vartheta_1 t = \alpha$; $\vartheta_2 t = \beta$

$\alpha = \vartheta t'$ $\qquad \alpha' = \vartheta(t - t')$

$S = \alpha + \vartheta(t - t') = \vartheta(t)$

~~$100 = \sqrt{100}$~~

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

$4S^2 = y^2 + 2y\vartheta_2 t + \vartheta_2^2 t^2 + x^2 - 2x\vartheta_1 t + \vartheta_1^2 t^2$

$2S^2 = 2y \cdot 100 - 20x\vartheta_1 + 100\vartheta_1^2$

$2S = 2y - 0{,}2x\vartheta_1 + \vartheta_1^2$

$\vartheta_1^2 - \vartheta_2^2 = \frac{S^2}{t^2} \Rightarrow \vartheta_1^2 - 100 = \frac{100 \cdot 100}{10 \cdot 10}$

ϑ_1 существует!

$\vartheta_1^2 = 200 \Rightarrow \boxed{\vartheta_1 = 10 \cdot \sqrt{2}} \approx 14$ м/с

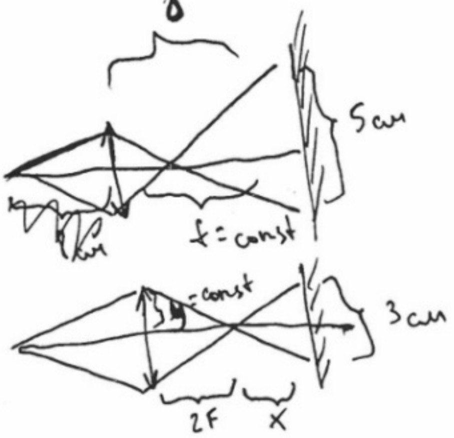
$\sqrt{2} \cdot \vartheta_B \cdot x = \vartheta_B \cdot y$

$y = \sqrt{2}x$

$100^2 = \sqrt{2x^2 + x^2} = 3x^2$

$100 = x\sqrt{3}$

8



Черновик Черновик

7

№4

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

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d}$

$2y = 5$ см $\Rightarrow y = 2{,}5$ см

$$\begin{cases} 2F + x = 8 \text{ см} \\ \frac{2F}{x} = \frac{y}{1{,}5} = \frac{2{,}5}{1{,}5} = \frac{5}{3} \end{cases}$$

$2F \cdot 3 = 5x \Rightarrow x = \frac{6F}{5}$

$2F + \frac{6F}{5} = 8$ см

$16F = 40$ см

$2F = 5$ см

$F = 2{,}5$ см

№2 Испарение и Кипение

в молекулах с поверх

$2H_2 + O_2 = H_2O$

0,05 моль $\Rightarrow \nu_{O_2} = 0{,}025$ моль, $\nu_{H_2O} = 0{,}025$ моль

ν_{O_2} было $= 1 \cdot 0{,}23 = 0{,}23$ моль; ν_{O_2} ост $= 0{,}205$ моль

$p_н = 2330$ Па; $P_{пара} = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0{,}025 \cdot 8{,}31 \cdot 293}{0{,}1} = 0{,}25 \cdot 8{,}31 \cdot 293$

$\varphi = \frac{P_{пара}}{P_н} = \frac{0{,}25 \cdot 8{,}31 \cdot 293}{2330} = \frac{608}{2330} \approx 0{,}26$

$0{,}25 \times 8{,}31 = 2{,}0775$

$2{,}0775 \times 293 = 608{,}7075$

$6080 : 2330 = 0{,}26$

№1

Дано:
$S = 100$ м
$t = 10$ с
$v_2 = 10$ м/с

$v_1 = ?$

Решение:

$B_2 = 100 + B_1$

$S_1 =$

$S = \sqrt{x^2 + y^2} = 100$

3, 4, 5

$v_1 = 3$ м/с
$v_2 = 3$ м/с

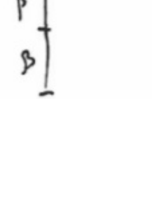
$v_1 \cdot \frac{d}{S} = v_2 \cdot \frac{B}{S}$

$v_1 \cdot \frac{(d - v_1 t)}{S} = v_2 \cdot \frac{(B + v_2 t)}{S}$

30 м/с

B

$v_1 = 0$



Черняков №3

8

Дано:
$m = 0{,}07$ кг
$q = 10^{-6}$ Кл
$L = 0{,}6$ м
$\nu = 1{,}47$ Гц

$k = ?$

Решение:

$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow \omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}47$

$kx_0 = \frac{Kq^2}{L^2}$, $x_0 = \frac{Kq^2}{kL^2}$

По 2 з.Н.: $k(x_0 + \Delta x) - \frac{kq^2}{(L+\Delta x)^2} = m\omega^2 \cdot \Delta x$

По ЗСЭ: $\frac{k(x+\Delta x)^2}{2} - \frac{kq^2}{(L-\Delta x)}$

$\frac{k(x+\Delta x)^2}{2} - \frac{kq^2}{(L-\Delta x)} = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{kx^2}{2} - \frac{kq^2}{L}$

$\frac{kx^2}{2} + kx^2 - \frac{kq^2}{L-\Delta x} =$

$\frac{Kq^2}{L^2} + k\Delta x - \frac{Kq^2}{L^2+2\Delta x} = m\omega^2 \cdot \Delta x$

$\frac{Kq^2L^2 - Kq^2L^2 + 2Kq^2\Delta x}{L^2(L^2+2\Delta x)} + k\Delta x = m\omega^2 \cdot \Delta x$

$\frac{2Kq^2\Delta x}{L^4 + 2L^2\Delta x} + k\Delta x = m\omega^2 \cdot \Delta x$

$\frac{2Kq^2\Delta x + L^4 k\Delta x + 2L^2 k \Delta x^2}{L^4 + 2L^2\Delta x}$

$K(x_0 + \Delta x) - \frac{kq^2}{(L-\Delta x)^2} = m \cdot \omega^2 \cdot t$

$\frac{Kq^2}{L^2} + K\Delta x - \frac{kq^2}{(L-\Delta x)^2} = m \cdot \omega^2 \cdot \Delta x$

$\frac{Kq^2L^2 - Kq^2 \cdot 2\Delta x - Kq^2L^2}{L^2(L^2 - 2\Delta x)} + k\Delta x = m \cdot \omega^2 \cdot \Delta x$

$k\Delta x - \frac{2Kq^2\Delta x}{L^4 - 2L^2\Delta x} = m\omega^2 \cdot \Delta x$ $\quad k - \frac{2Kq^2}{L^2(L-\Delta x)^2} = m\omega^2$

$k = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right) = 9 \cdot 10^9$ или $6 \cdot 10^9$

$\frac{L^4 k - 2Kq^2}{L^4 m} = \omega^2 = (2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}47)^2$

$L^4 \cdot k - \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0} = L^4 m \cdot 4\pi^2 \cdot \nu^2$

$k = \left(m \cdot 4\pi^2 \cdot \nu^2 + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 L^4}\right)$