



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: «Покори Воробьевы Горы!»

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**.

ФИО участника олимпиады: **Пожаркова Анастасия Олеговна**

Класс: 11

Технический балл: **76**

1	2	3	4	$\Sigma$	итог
5	4	5	1	15	
<del>5</del>	20	<del>5</del> <sup>10</sup>	16	<del>46</del> <sup>61</sup>	<del>61</del> <sup>76</sup>
15					

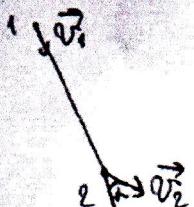
Дата проведения: **26 марта 2021 года**

Оценка изменена с  
61 на 76 по  
предложению  
членов жюри

# Числовые 1

1

Бонус:



$$V_{\text{eff}} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

m.v. скорость элемента спиральной дыши

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

$V_{\text{eff}}$  - скорость элемента спиральной дыши спиральной

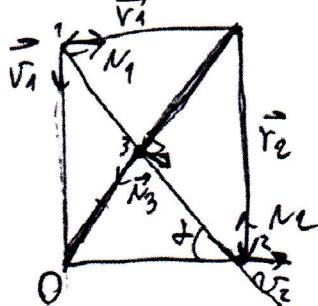
$$V_1 = V_2 \cos \alpha$$

(m.v.  $V_2$  направлена вдоль спиральной)

$$\alpha = \arccos \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

$$V_2 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ V_1 = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow \alpha = \arccos 0,5 = 60^\circ$$

Задачка:



m.v. спираль вращается относительно некоторой точки  $\rightarrow$  радиус вектора края делит угол этой точки на пополам элементу спиральной перпендикулярна скорость срывающего элемента

$$\vec{v}_3 = \vec{\omega} \times \vec{r}_3 \\ \vec{v}_1 = \vec{\omega} \times \vec{r}_1 \\ \vec{v}_2 = \vec{\omega} \times \vec{r}_2$$

m.v. краем шарик расложен на среднюю спираль

$$\vec{r}_3 = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{2} \quad \vec{v}_3 \perp \vec{r}_3 \quad \vec{v}_3 = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}$$

$\rightarrow$  сила действующая на шарик 3  $\perp$  сторонам края спиральной перпендикулярна его скорости, т.е.

$$\text{она не совершает работу} \quad dA = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$d\vec{s} = \vec{v} dt \quad \vec{v} \perp \vec{F} \Rightarrow dA = 0$$

аналогично для  $N_1$  и  $N_2 \Rightarrow$  работа внешних сил равна 0  $\Rightarrow$  действует ЗС

1

$$\frac{V_1^2}{2}m + \frac{V_2^2}{2}m + \frac{V_3^2}{2}m = mg \frac{L}{2}(1 - \sin\alpha) + mg L \frac{(1 - \sin\alpha)}{\sin\alpha}$$

$$V_1 \perp V_2 \Rightarrow V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

$$V_1 \sin\alpha = V_2 \cos\alpha \Rightarrow a_1 \cdot \tan\alpha = a_2$$

$$V_1 = V_2 \operatorname{ctg}\alpha$$

$$V_3 = \frac{V_2}{2} \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2\alpha}$$

$$1 + \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{V_2^2 \operatorname{ctg}^2\alpha}{2} + \frac{9V_2^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{V_2^2}{4} (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) = g \frac{3L}{2} (1 - \sin\alpha)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{3gL(1-\sin\alpha)}{\frac{5}{4}(1+\operatorname{ctg}^2\alpha)}} = \sqrt{\frac{3gL(1-\sin\alpha)}{5(1+\operatorname{ctg}^2\alpha)}} = 6 \sqrt{\frac{gL(1-\frac{\sqrt{3}}{2}) \cdot 3}{5 \cdot 4}} = \\ \approx 3 \sqrt{\frac{3gL(2-\sqrt{3})}{5 \cdot 2}} \approx 3 \sqrt{\frac{3gL \cdot 0,27}{10}} = \\ = 3 \sqrt{\frac{81}{100}gL} \approx \\ \approx \frac{27}{10} \sqrt{gL} \approx 2,6 \text{ m/s}$$

$$V_1 = \frac{dh}{dt}, \quad mg \cdot h = L \sin\alpha$$

$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{V_1^2 \operatorname{tg}^2\alpha}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{V_1^2}{4} (1 + \operatorname{tg}^2\alpha) = \frac{3}{2}g(L-h)$$

noe guppe rymyvomu

$$\frac{5}{4}(1 + \operatorname{tg}^2\alpha) a_1 = \frac{3}{2}g \Rightarrow a_1 = \frac{6g}{5(1 + \operatorname{tg}^2\alpha)}$$

$$a_2 = \frac{6 \operatorname{tg}\alpha + g}{5(1 + \operatorname{tg}^2\alpha)} = \frac{6 \sqrt{3} \cdot g}{5(1+3)} = \frac{3\sqrt{3}}{10}g$$

$$a_2 \approx 5,19 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

# Изменение

нр

Процес:

$$\text{где } u = Cv \cdot VT; \quad VR = PV$$

где  $V$  - объемное расстояние:  $V = V_2 - V_1$   
 $C_V$  - константная теплоемкость при постоянном давлении  
 где  $C_V = \frac{3}{2}R$

$$dA = P dV$$

$$\text{при } P = \rho V \quad dA = \rho V dV$$

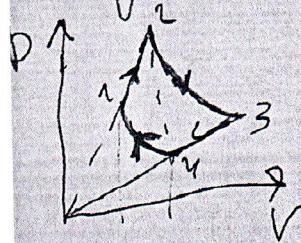
$$A = \rho \int_{V_1}^{V_2} V dV = \rho \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{\rho(V_2 - V_1)V}{2} = \frac{VR\Delta T}{2}$$

$$VAT = \frac{2A}{R}$$

$$\Delta U = C_V \cdot VAT \Rightarrow \Delta U = \frac{2C_V}{R} A = 3A$$

Задача:

23 и 41 изображение



$$n = \frac{T_{\max}}{T_{\min}} - 1 = \frac{A_{23}}{|A_{34}|}$$

$$\begin{aligned} VR T_1 &= P_1 V_1 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \quad T_3 = T_2 \\ VR T_2 &= P_2 V_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2 \quad T_1 = T_4 \\ P_2 V_2 &= P_3 V_3 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{V_4} = \frac{V_2}{V_3} \end{aligned}$$

$$Q_+ = Q_{23} + Q_{12}$$

$$P_1 V_1 = P_4 V_4$$

$$S_{23} = A_{23}$$

$$\text{из 2 изображения } A = \int_V^{V_2} \frac{VRT}{V} dV = VRT \ln\left(\frac{V_2}{V}\right)$$

$$= A_{12} + A_{34} + A_{23} + A_{41} -$$

$$\begin{aligned} 12 &= \frac{VR}{2} (T_2 - T_1) \\ 34 &= \frac{VR}{2} (T_1 - T_2) \\ 23 &= VR T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} \\ 1 &= VR T_1 \ln \frac{V_1}{V_4} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} A &= VR T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} + VR T_1 \ln \frac{V_1}{V_4} = VR T_2 \ln \frac{V_3}{V_2} - VR T_1 \ln \frac{V_3}{V_2} = \\ &= VR \ln \frac{V_3}{V_2} (T_2 - T_1) = \frac{A_{23}}{T_2} (T_2 - T_1) = \frac{A_{23}(n-1)}{n} \end{aligned}$$

$$A_{34} = -A_{12} \Rightarrow A = K A_{12} \frac{(n-1)}{n}$$

$$Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + A_{12} + K A_{23} = K A_{12} + A_{12} + \frac{2C_V}{R} A_{12} \Rightarrow D = \frac{K(n-1)}{n(K+1+\frac{2C_V}{R})} = \frac{1}{3+3} = \frac{1}{6}$$

## Задача №3

Вопрос:



м.к. цилиндр проводящий ~~и~~ электрическое поле внутри него нет, т.е.  $E = 0$

$$\text{м.к. } \Delta\varphi = E \cdot l \Rightarrow \underline{\Delta\varphi = 0}$$

Задача:

~~1)  $V = \Delta\varphi$~~

$$\begin{array}{l} \text{2) } V = \varphi_1 - \varphi_3 \\ \text{3) } V = \varphi_1 - 0 \end{array}$$

м.к.  $\varphi_3$  (насе зарядами) = 0

помимо первоначального проводящему заряду  $\Rightarrow$

~~и~~  $\rightarrow$  ~~заряды в диэлектрике~~

Тогда помимо первоначального заряда в диэлектрике заряды и расположение

$$\text{в начале: } \varphi_1 = Qf_1 + Qf_2 + \underset{\text{м.к. } Q_3 = 0}{|} f_3$$

$$f_1 + f_2 + f_3 = Q(f_1 - f_3) \Rightarrow Q = \frac{V}{f_1 - f_3}$$

$$\text{насе зарядами 3: } \varphi_1 = Qf_1 + Qf_2 + Qf_3 = V'$$

$$Q - \text{заряд } \varphi_3 \quad Q_3 = Qf_3 + Qf_2 + Qf_1 = 0 \Rightarrow Q = -\frac{Q(f_3 + f_2)}{f_1}$$

$$\left( f_1 + f_2 - \frac{f_3(f_3 + f_2)}{f_1(f_3 + f_2)} \right) Q = V' \quad V' = Qf_1 - Qf_3 = Q \left( f_1 + \frac{f_3(f_3 + f_2)}{f_1} \right)$$

$$\text{когда зарядами 2: } Qf_1 + Qf_2 + Qf_2 = 0 = \frac{Qf_2}{f_1} \left( \frac{f_3 + f_2 - 1}{f_1} \right) \\ Q_2 = -f_2 \left( \frac{Q}{f_1} - \frac{Q(f_3 + f_2)}{f_1} \right) = -f_2 \left( f_1 - \frac{f_3 + f_2}{f_1} \right)$$

$$\text{когда зарядами 1: } Q_1f_1 + Q_2f_2 + Q_3f_3 = 0 \quad Q_1 = -\frac{Q}{f_1} \left( \frac{f_2^2(f_1 - f_3 + f_2)}{f_1^2} + f_3 + f_2 \right) \\ Q_1 = -\frac{Q(f_3 + Qf_2 + Qf_3)}{f_1} = -\frac{(Q + f_2^2(f_1 - f_3 + f_2))}{f_1} \quad V = Q_1f_1 - Qf_3 = -\frac{Q(f_3 + f_2)}{f_1}$$

~ 4

Вопрос:

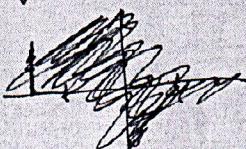
Бинокль монокль - это призма, состоящая из двух линз, расположенных краевыми и обеими поверхностями

п-оптическая одна монокль, F - ее фокусное расстояние

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

Задача:

н.в. предмет и изображение симметрически расположены относительно фокуса ( $y + F = d$ )



$x$  - расстояние от изображения до

предмета

$y$  - расстояние от изображения до изображения

$$d = |x - 1/F| = |y + 1/D|$$

По определению монокль монокль

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = D$$

$x + 1/F = d$  &  $d, f$  - гипотеза зеркала (закон собирания изображения)

$$|f| = |d|$$

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

$$\frac{d+f}{(d+F)(f-F)} = D \quad \frac{d+f}{(d+\frac{1}{P})(f-\frac{1}{P})} = P$$

$$D(d+f) = (d+P+1)(fP-1)$$

закон собирания изображения

закон рассеивания изображения

$$Dd + Pf = dfP^2 - dP + fP - 1$$

$$P^2df - 2dP - 1 = 0 \quad P^2df - 2dP - 1 = 0$$

$$P = \frac{d \pm \sqrt{d^2 + 4}}{2} = \frac{d \pm d\sqrt{2}}{2} = \frac{d(1 \pm \sqrt{2})}{2}$$

возможные случаи:

сборяющаяся изображение:

$$P > 0$$

$$< F \Rightarrow d < 0$$

$$f < 0$$

$$(f = d)$$

$$d = 15 \text{ см}$$

$$x > F \quad d > 0$$

$$f > 0$$

$$f = d$$

$$d = 15 \text{ см}$$

расстояние до изображения:  
( $P < 0$ )  $x < F \times F < d$

$x > F$  зеркало рассеивает изображение

$x > F \Rightarrow |F| > |d|$

$$\frac{1}{d+F} - \frac{1}{F} = -\frac{1}{|F|} \Rightarrow P = \frac{1+\sqrt{2}}{|d|} = -26 \text{ см}$$

$$P = \frac{1+\sqrt{2}}{|d|} \approx 26 \text{ см}$$

$$P = \frac{\sqrt{2}-1}{|d|} \approx 2,7$$

P<sub>d</sub><sup>2</sup>-2d<sub>d</sub><sup>2</sup>d<sub>d</sub><sup>2</sup>-4=0

Wurzelbogen

$$U = g_1 f_1 - g f_1 = -g f_2 - g f_3 - g f_1$$

$$m \cdot v (V) = \left( f_1 + f_2 - \frac{f_3}{f_1} (f_3 + f_2) \right) Q = Q (f_1 + \frac{f_3}{f_1} (f_3 + f_2)) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_2 = \frac{2 f_3}{f_1} (f_3 + f_2)$$

$$f_1 = \frac{2 f_3}{f_2} (f_3 + f_2)$$

$$g_1 = Q \frac{f_2^2}{2 f_3 (f_3 + f_2)} \left( \frac{(f_3 + f_2) f_2}{2 f_3 (f_3 + f_2)} - 1 \right) = Q \left( \frac{f_2}{2 f_3} - 1 \right) \frac{f_2^2}{2 f_3 (f_3 + f_2)}$$
$$g_1 = -Q \frac{f_2}{2 f_3}$$

~~$$U = Q \frac{2 f_3}{f_2} (f_3 + f_2) + f_3 f_2 (f_3 + f_2) \frac{9}{2 f_3 (f_3 + f_2)}$$~~

vergessen  
vergessen  
vergessen

$$Q = \frac{U f_2}{f_3 (2 f_3 + f_2) - f_2} = \frac{U f_2}{f_3 (2 f_3 + f_2)}$$

$$U = Q \left( f_2 \left( 1 - \frac{f_2}{2 f_3} \right) \frac{f_2^2}{2 f_3 (f_3 + f_2)} + \frac{f_2}{2 f_3} (f_3 + 2 f_3 (f_3 + f_2)) \frac{f_2}{f_2 + f_3} \right) = Q \left( f_2 \left( 1 - \frac{f_2}{2 f_3} \right) \frac{f_2^2}{2 f_3 (f_3 + f_2)} + \frac{3 f_3 + f_2}{2} \right)$$

$$U_1 = \frac{U}{\frac{2 f_3}{f_2} (f_3 + f_2) - f_3} \left( \frac{f_2^3}{4 f_3^2 (f_3 + f_2)} + \frac{3 f_3 + 2 f_2}{2} \right) \approx 0$$

Решение апелляционной  
комиссии:  
Товарищ судья!  
15 баллов;  
16 баллов  
- 76 баллов

~~Судья~~

Председателю апелляционной  
комиссии олимпиады школьников  
"Покори Вородившие горы!"

Ректору МГУ имени М.В.Ломоносова  
академику В.А.Садовничему  
ученице 11 класс МБОУ "Гимназия 91"  
имени М.В.Ломоносова"  
(г. Железногорск (Красноярский  
край))

Бюжаровой Анастасии Олеговны

апелляция

Прошу пересмотреть выставленные технические  
баллы (61) за мое рабочую заявку читательного этапа  
по физике по причинам указанным в приложении, приложенном  
вместе с данным зачивлением

0904.2021

Горбко

1:

В моей работе присутствует ответ на вопрос 1 на листе 1.

В решении Задачи 1 содержится аналитическое выражение для скорости нижнего шарика на листе 2. Численный ответ для скорости мало отличается от эталонного (эталонный 1,4 м/с, мой 1,6 м/с)

Handwritten derivation for Question 1:

$$\begin{aligned} U_1^2 + V_1^2 - 2 \cdot U_1 \cdot V_1 = U_2^2 + V_2^2 \\ U_1^2 - U_2^2 = V_2^2 - V_1^2 \\ U_1^2 - U_2^2 = 4 \cdot g \cdot h \\ U_1 = \sqrt{U_2^2 + 4 \cdot g \cdot h} \\ V_2 = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2 \cdot U_2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} + \frac{V_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2})}{2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2})}{2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2})}{2} - \frac{V_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2})}{2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2}) - V_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2})}{2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2}) (1 - \frac{V_2^2}{U_2^2})}{2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2}) (1 - \frac{V_2^2}{U_2^2})}{2} \\ \frac{U_2^2 (6 \cdot h - V_2^2)}{2 \cdot U_2} = \frac{U_2^2 (1 + \frac{U_2^2}{V_2^2}) (1 - \frac{V_2^2}{U_2^2})}{2} \end{aligned}$$

2:

Присутствует аналитический ответ на вопрос 2 на листе 3.

Присутствует решение, аналитический и численный ответ для задачи 2 на листе 3.

3:

Присутствует ответ на вопрос 3 на листе 5.

Для задачи 3: исходная система уравнений (аналогичная системе уравнений в эталонном решении) присутствует на листе 5. Аналитический ответ для показаний вольтметра представлен на листе 6. (ответ дается через  $U$  (из условия) и отношение  $f_2/f_3$ , значение которого находится из уравнения на листе 6)

Handwritten derivation for Question 3:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{U f_1}{f_3 (f_3 + f_2)} - \frac{U f_2}{f_3 (f_3 + f_2)} = \frac{U f_2}{f_3 (f_3 + f_2)} \\ U &= \frac{Q (f_1 (1 - f_2)) / f_2^2}{f_3^2 f_3 (f_3 + f_2)} + f_2 (f_2 + f_1 (f_3 + f_2)) / f_2^2 \\ &= Q (f_1 (1 - f_2)) / f_2^2 \\ U &= \frac{U}{f_3 (f_3 + f_2) \left( \frac{f_2^2 (f_3 + f_2)}{f_2^2} + \frac{f_1^2 (f_3 + f_2)^2}{f_2^2} \right)} \end{aligned}$$

4:

Присутствует ответ на вопрос на листе 4 (определение тонкой линзы и связь оптической силы и фокусного расстояния, как просили в условии)

На листе 4 есть квадратное уравнение, связывающее  $d$  и фокусное расстояние/ оптическую силу аналогично эталонному решению. Также на листе 4 содержатся аналитические и численные значения возможных оптических сил (с учетом знака).