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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Галимов Эмиль Салаватович**

Класс: 11

Технический балл: **87**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

| ШИФР РАБОТЫ | 1700152 |
|---|---|

Результаты проверки:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| **В** | 5 | 4 | 5 | 4 | 87 |
| **З** | 9 | 20 | 20 | 20 | |

Степаньяну Константин Викторович
Чистякова Наталия Игоревна

**ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:87**

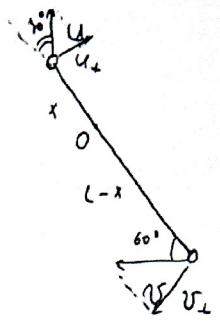
1700152

№1 Чистовик 1

Вопрос:

$v = 1{,}5$ м/с

$\alpha = 60°$




В силу нёсткости стержня проекции скоростей на стержень равны.

$$v\cos 60° = u\cos 30°$$

$$u = \frac{v\cos 60°}{\cos 30°} = \frac{v\cdot 2}{2\sqrt{3}} = \frac{v}{\sqrt{3}}$$

Чтобы найти угловую скорость стержня нужно рассмотреть составляющие скоростей шариков, направленные перпендикулярно стержню

$$u_\perp = u\sin 30° = \frac{v}{2\sqrt{3}}$$

$$v_\perp = v\sin 60° = \frac{v\sqrt{3}}{2}$$

Пусть расстояние от шарика со скорость u до оси вращения O равна x.

$$\omega = \frac{u_\perp}{x} = \frac{v}{2\sqrt{3}x}$$

$$\omega = \frac{v_\perp}{L-x} = \frac{v\sqrt{3}}{2(L-x)}$$

$$\frac{v}{2\sqrt{3}x} = \frac{v\sqrt{3}}{2L-2x}$$

$$2L - 2x = 6x$$

$$8x = 2L$$

$$x = \frac{L}{4}$$

$$\omega = \frac{u_\perp}{x} = \frac{v\,4}{2\sqrt{3}L} = \frac{2v}{\sqrt{3}L} = \frac{2\cdot 1{,}5}{1{,}7\cdot 0{,}6} \approx 3 \text{ рад/с}$$

Отв: $\omega = \frac{2v}{\sqrt{3}L} \approx 3$ рад/с

+

Чистовик

2

№1 Продолжение

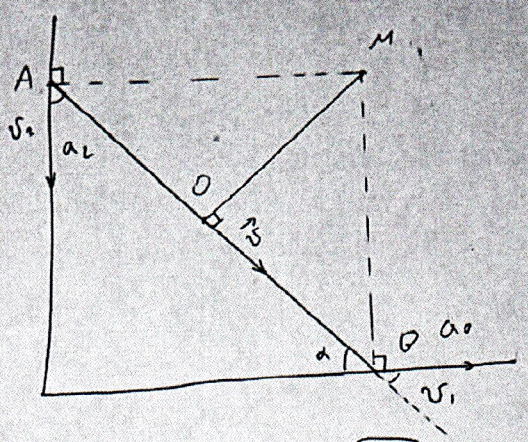
Задача

$a_0, L$

$t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$

$\alpha = 45°$

$\vec{v}; \vec{a}$




$$v_1 = a_0 t = a_0 \sqrt{\frac{L}{2a_0}} = \sqrt{\frac{La_0}{2}}$$

$$v_2 = v_1 = \sqrt{\frac{La_0}{2}}$$

Точка M – мгновенный центр вращения (точка пересечения перпендикуляров к скоростям) =>

=> $OM \perp \vec{v}$, но т.к. AMB – р/б п/у $\Delta$ => $OM \perp AB$ =>

=> $\vec{v}$ направлена вдоль ~~стержня~~ лестницы

$v = v_1 \cos\alpha$ (в силу жёсткости лестницы)

$$v = \frac{\sqrt{La_0}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{La_0}}{2}$$

$a_2 = a_0$, Аналогично $\vec{a}$ направлена вдоль ~~стержня~~ лестницы

$$a = a_0 \cos\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} a_0$$

Отв: • $v = \frac{\sqrt{La_0}}{2}$ (+) направлена вниз вдоль лестницы

• $a = \frac{\sqrt{2}}{2} a_0$ направлена вниз вдоль лестницы

(−) (−)

№2 Чистовик 3

Вопрос.

Температура – это мера кинетической энергии молекул.

$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$ – средняя кин. энергия молекулы

$k$ – постоянная Больцмана

$T$ – абсолютная температура.

Шкала Кельвина – абсолютная шкала температур.

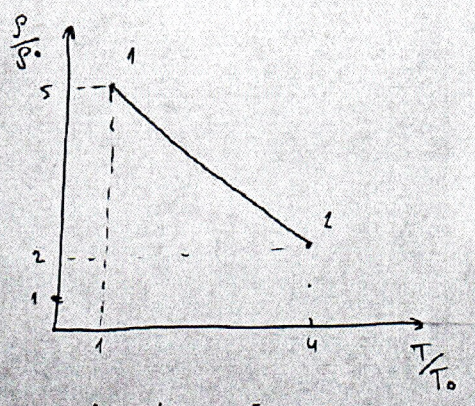
0 K соответствует абсолютному нулю, ~~(т.е. температура, шкала (которой не может быть) 0 K равна -2 соответствует -273 °C, шкала Кельвина~~ т.е. самой низкой возможной температуре. 0 K соответствует $-273°C$.

При этом ~~шкал~~ цена деления шкалы Кельвина равна цене деления шкалы Цельсия, т.е. $1K = 1°C$.

±

Задача

$\frac{p_{max}}{p_{min}} = ?$




$$\frac{\rho}{\rho_0} = k\frac{T}{T_0} + b$$

$$5 = k + b$$

$$2 = 4k + b$$

$$-3k = 3$$

$$k = -1$$

$$b = 6$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = -\frac{T}{T_0} + 6 \qquad \frac{T}{T_0} \in [1; 4]$$

У-ие Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p\cancel{V} = \frac{\cancel{V}\rho}{\mu} RT$$

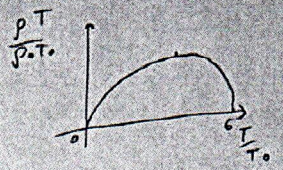
$p = \frac{R}{\mu} \cdot \rho T \Rightarrow$ $p_{max}$, когда $\rho \cdot T = max \Rightarrow \frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = max$

$p_{min}$, когда $\rho \cdot T = min$ $\qquad \frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = max$

№2) Продолжение

$$\frac{\rho}{\rho_0} = -\frac{T}{T_0} + 6 \quad \Big| \cdot \frac{T}{T_0} \qquad \frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = \frac{T}{T_0}\left(6 - \frac{T}{T_0}\right)$$

$$\frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = -\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 + 6\frac{T}{T_0}$$




парабола, ветви вниз => максимум достигается в вершине

$$\frac{T}{T_0} = \frac{6+0}{2} = 3$$

$$\left(\frac{\rho T}{\rho_0 T_0}\right)_{max} = 3(6-3) = 9$$

минимальное будет достигаться в одном из граничных положений [1; 4]

1) $\frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = 1(6-1) = 5$

2) $\frac{\rho T}{\rho_0 T_0} = 4(6-4) = 8$

$$\Rightarrow \left(\frac{\rho T}{\rho_0 T_0}\right)_{min} = 5$$

$$\frac{p_{max}}{p_{min}} = \frac{(pT)_{max}}{(pT)_{min}} = \frac{\left(\frac{\rho T}{\rho_0 T_0}\right)_{max}}{\left(\frac{\rho T}{\rho_0 T_0}\right)_{min}} = \frac{9}{5} = 1{,}8$$

Отв: 1,8

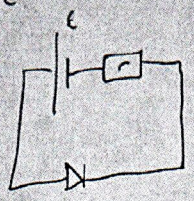
+

Чистовик

5

№3

Вопрос

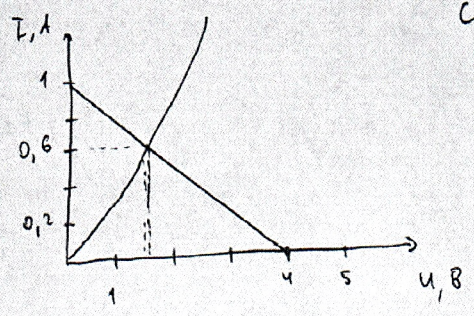



Пусть $U$ - напряжение на диоде

тогда

$$I = \frac{\varepsilon - U}{r} = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{U}{r}$$

$$I(U) = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{U}{r}$$ - ВАХ нагрузки.



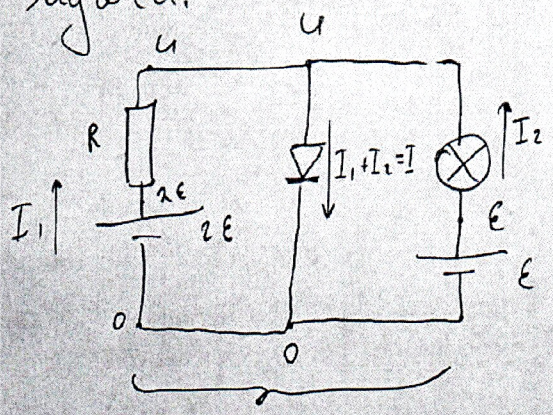

Строим ВАХ нагрузки и ВАХ диода. Точка пересечения показывает ток и напряжение на диоде.

$I = 0,6$ A

+

Отв: 0,6 A.

Задача.




Метод потенциалов

$$I = I_0\sqrt{\frac{U}{\varepsilon}}$$

$I_0 = 0,5$ A

$\varepsilon = 5$ B

$R = 200$ Ом

$$I_1 = \frac{2\varepsilon - U}{R}$$

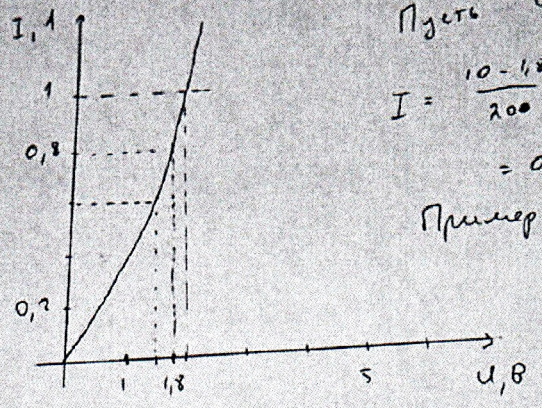
$$I_2 = I_0\sqrt{\frac{\varepsilon - U}{\varepsilon}}$$

$$I = \frac{2\varepsilon - U}{R} + I_0\sqrt{\frac{\varepsilon - U}{\varepsilon}}$$ - ВАХ нагрузки.

Чистовик

6

№3 Продолжение




Пусть $U = 1{,}8$ В, тогда

$$I = \frac{10-1{,}8}{200} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3{,}2}{5}} = 0{,}041 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5} =$$

$$= 0{,}41 + 0{,}4 = 0{,}81$$

Примерно такая точка есть на ВАХе диода $(1{,}8; 0{,}8)$ =>

=> $I_0 = 0{,}8$

$U_0 = 1{,}8$

$P_0 = I_0 U_0 = 1{,}44$ Вт

Отв: 1,44 Вт.

+

№4

Вопрос.

$$D = \left(\frac{n}{n_{ср}} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$ – оптическая сила тонкой линзы

$n$ – показатель преломления линзы

$n_{ср}$ – показ. преломл. среды

$R_1$ и $R_2$ – радиусы кривизны поверхностей линзы (если выпуклая – берётся с „+", если вогнутая с „–")

Если линза в воздухе собирающая, то при погружении в жидкость оптическая сила уменьшится (она даже может стать рассеивающей, если $n_{ср} > n$)

Чистовик

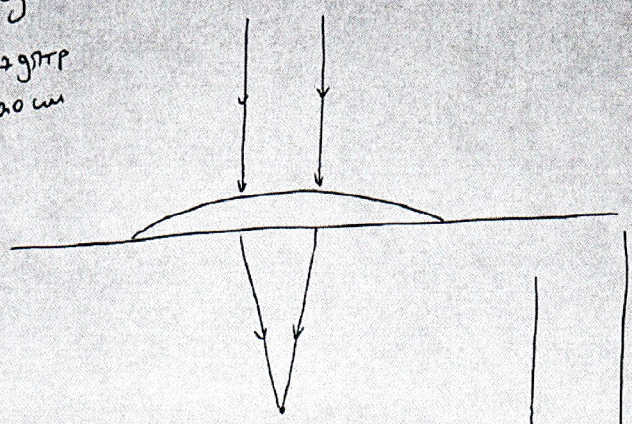
№4 Продолжение

Если линза рассеивающая, то при погружении в жидкость оптическая сила увеличивается (она даже может стать собирающей, если $n_{ср} > n$) ±

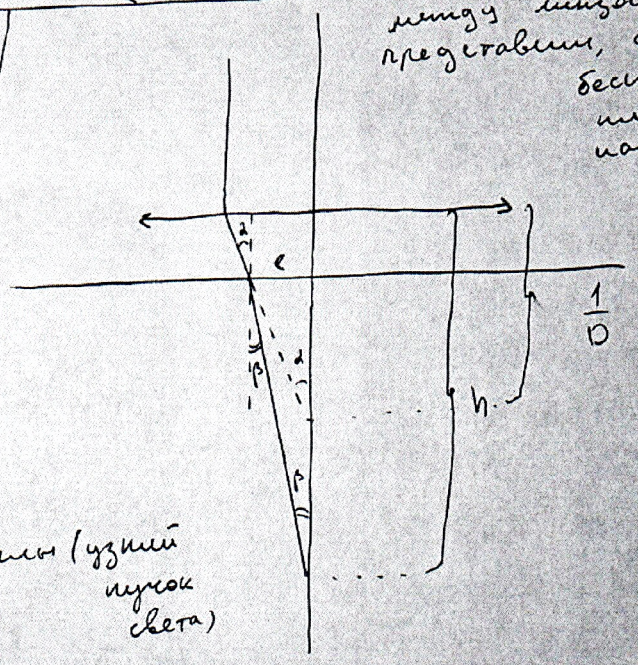
Задача

$D = 7$ дптр

$h = 20$ см



Если бы воды не было, то лучи собрались на расстоянии $\frac{1}{D}$. Но вода преломляет лучи и они собираются дальше. Рассмотрим границу между линзой и водой. Представим, что там есть бесконечно тонкая ~~тонкая~~ плоско-параллельная пластина из воздуха.




$l = \frac{1}{D} tg\alpha$

$l = h\, tg\beta$

т.к. $\alpha$ и $\beta$ малые углы (узкий пучок света)

$\sin\alpha \approx tg\alpha \approx \alpha$

$\sin\beta \approx tg\beta \approx \beta$

$\sin\alpha = n \sin\beta$ $\begin{cases} \alpha = n\beta \\ \frac{1}{D}\alpha = h\beta \end{cases}$

$\frac{1}{D} n\beta = h\beta$

$n = D \cdot h = 7 \cdot 0{,}2 = 1{,}4$

Отв: $n = Dh = 1{,}4$. +

Черновик

$$I(1,8) = \frac{10-1,8}{200} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{16}{25}} =$$

$$= \frac{8,2}{200} + 0,4$$

$\frac{v\,\cancel{\sqrt{3}}\,4\,2}{2\sqrt{3}L}$

$1,7 \times$

$17 \times 6 = 102$

$1,02$

$3 \,|\, 1,02$

$300 \,|\, 102$
$-204 \,|\, 2,9$
$960$

$n\frac{1}{D} = h$

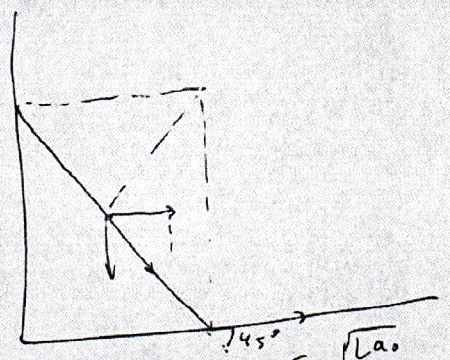
$0,2 \cdot 7$

$\frac{7}{5} = 1,4$

$n\frac{1}{D} = h$

$S = \cancel{\frac{a_0 L}{2}}\ \frac{a_0 t^2}{2} = \frac{1}{D}\,м$

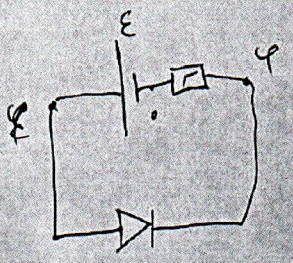
$= \frac{a_0 L}{2 \cdot 2 a_0}$




$v = \sqrt{\frac{La_0}{2}}$

$v = a_0 t = a_0\sqrt{\frac{L}{2a_0}} = \sqrt{\frac{La_0}{2}}$

$\mathcal{E} - \varphi = U$




$\frac{\mathcal{E} - U}{r} = I$

$pV = \nu RT$

$pV = \frac{m}{\mu}RT$

$p\cancel{V} = \frac{\cancel{V}\rho}{\mu}RT$

$p = \frac{\rho}{\mu}RT$

$90 \,|\, 5$
$-5 \,|\, 18$
$40$

$I = \frac{\varphi}{r}$

$\cancel{I = \mathcal{E} - \frac{U}{R}}$

$1,8 \times 6$

$18 \times 8 = 144$

$I$

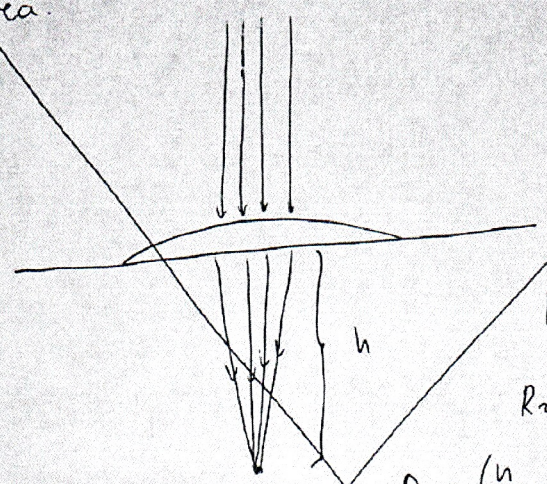
$I = \frac{U}{r} - \frac{\mathcal{E}}{r}$

$\cancel{\mathcal{E} - \varphi = \mathcal{E} - Ir}$

~~№4 Продолжение~~ Черновик

~~Если линза рассеивающая, то при погружении в жидкость оптическая сила увеличивается (она даже может стать собирающей, если $n_{ср} > n$)~~

Задача.




$h$ = ?см

$D = 7$ дптр

$$D = \left(\frac{n}{n_{ср}} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$D = (n-1)\frac{1}{R_1}$$ – в воздухе

$R_2 \to \infty$ т.к. плоская сторона

$$D_0 = \left(\frac{n}{n_в} - 1\right)\frac{1}{R_1}$$ – в воде

т.к. параллельный пучок фокусируется на расстоянии $h$ => $h$ – фокусное расстояние линзы в воде => $h = \frac{1}{D_0}$

$$D_0 = \frac{n - n_в}{n_в R_1} \Rightarrow \begin{cases} h = \frac{n_в R_1}{n - n_в} \\ D = (n-1)\frac{1}{R_1} \end{cases}$$ перемножаем

$$hD = \frac{n_в(n-1)}{n - n_в}$$

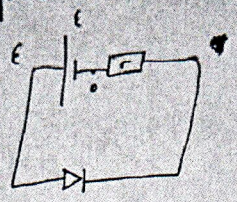
$$hDn - hDn_в = n_в n - n_в$$

$$hDn = n_в(n - 1 + hD)$$

$$n_в = \frac{hDn}{n - 1 + hD}$$

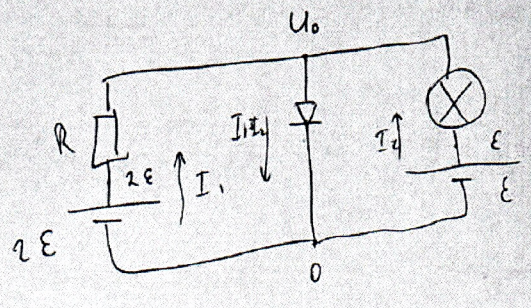
Черновик

Вопрос




метод потенциалов

$$I = \frac{\varepsilon - U_0}{r}$$




метод потенц

$$I(1{,}5) = \frac{10-1{,}5}{200} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{5-1{,}5}{5}}$$

$$I = \frac{2\varepsilon - U}{R} + I_0\sqrt{\frac{\varepsilon - U}{\varepsilon}}$$

$$\sqrt{\frac{5-4}{5}}$$

$$\frac{7}{10}$$

$$\begin{array}{r|l} 16 & 5 \\ \underline{15} & 3{,}2 \end{array}$$

$$I(2) = \frac{10-2}{2}$$

$$I(1) = \frac{10-1}{200} + \qquad I = \alpha U^2 \qquad \frac{8}{200} = \frac{4}{100}$$

$$0{,}6 = \alpha \cdot 1{,}5^2$$

$$I(2) = \frac{10-2}{200} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{5-2}{5}} = \qquad \alpha = \frac{0{,}6 \cdot 2^2}{3^2} = \frac{0{,}2 \cdot 2^2}{3} = \frac{0{,}8}{3} = \frac{8}{30}$$

$$= 0{,}04 + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3}{5}} \qquad 1 = \frac{8}{30}\, 2^2$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} 100 & 23 \\ \hline & 0{,}4 \end{array}$$

$$I(1) = \frac{9}{200} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{4}{5}} = 0{,}045 + \frac{1}{\sqrt{5}}$$