



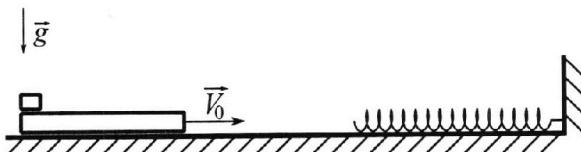
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-03



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. Длинная доска массой  $M = 2$  кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой  $m = 1$  кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью  $V_0 = 1$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жесткости  $k = 36$  Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

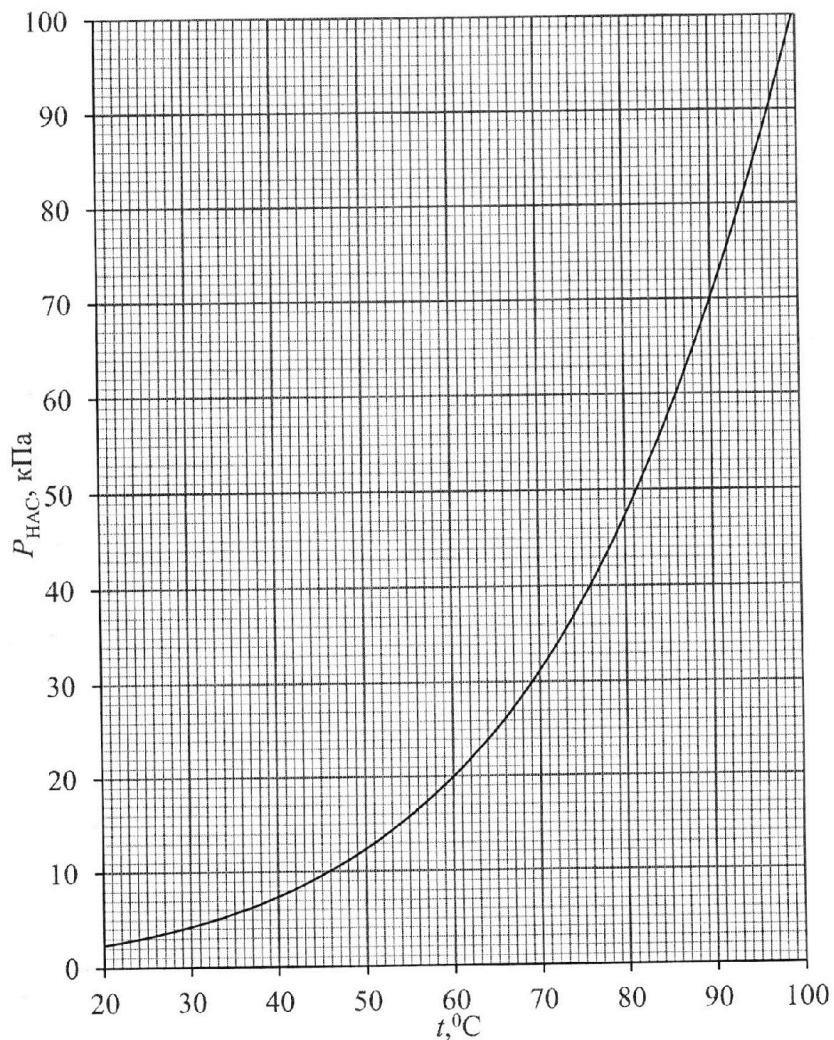


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 105$  кПа, температуре  $t_0 = 97$  °С и относительной влажности  $\varphi_0 = 1/3$  (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 33$  °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 97 °С.
- 2) Найти температуру  $t^*$ , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра  $V/V_0$  в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с об ъёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





# Олимпиада «Физтех» по физике,

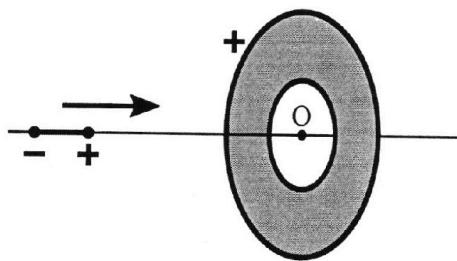
февраль 2025



## Вариант 11-03

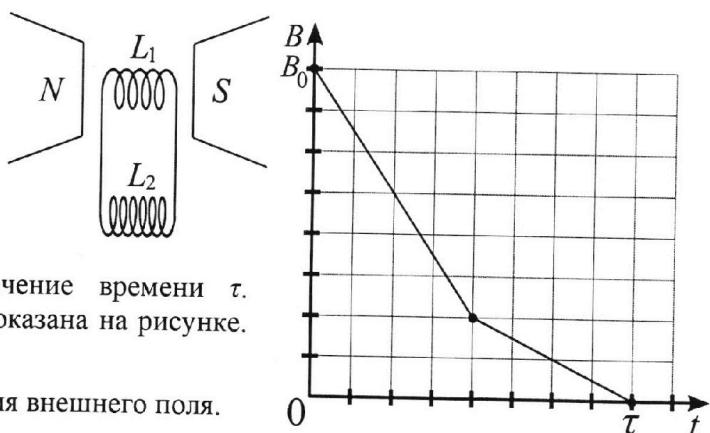
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

**3.** В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна  $V_0$ . Диполю сообщают начальную скорость  $\frac{3}{2}V_0$ .



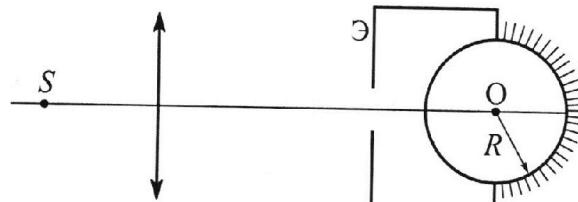
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

**4.** Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 3L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку  $L_1$  за время выключения внешнего поля.

**5.** На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположены центр  $O$  прозрачного шара и точечный источник  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 1,1F$  (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран  $\mathcal{E}$  с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно  $b = 10,5F$ , то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус  $R$  шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на  $\Delta = 5,5F$ , изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$U_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

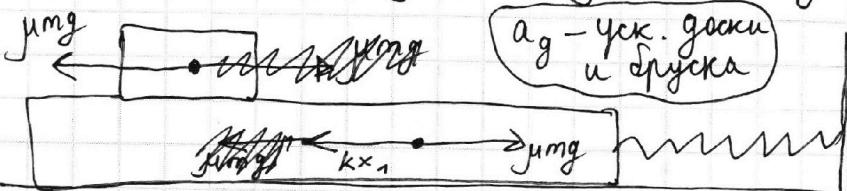
$$\mu = 0,3$$

$$1) x_1 - ?$$

$$2) \tau - ?$$

$$3) a_m - ?$$

1) Когда начнётся относ. гл-е  
брюска и доски, трение между  
брюском и доской достигнет макс.  
значения  $\mu mg$ ,  $\mu mg = ma_g \Rightarrow a_g = \mu g$



$$kx_1 \neq \mu mg = Ma_g; \Rightarrow x_1 = \frac{\mu g(M+m)}{k} = 0$$

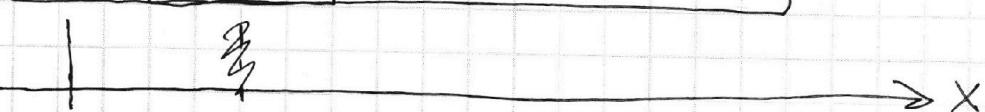
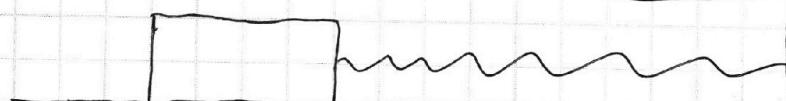
До момента нач. относ. гл-я доску и  
брюсок можно рассм. как 1 тело массой  
 $M+m$ , это будем совершать колеб. с

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

то нач. пружинка:

$$0,3 \cdot 10 \cdot (2+1) = \frac{9}{36} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

Ответ: 1)  $x_1 = \frac{1}{4} \text{ м}$



пост. равновесия, не др. пруж.

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
2 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\dot{x}(0) = -A\omega \sin \varphi = v_0$$

$$x(0) = A \cos \varphi = 0$$

$$\begin{cases} \varphi = -\frac{\pi}{2} \\ A = \frac{v_0}{\omega} \end{cases}$$

$$x(t) = \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

~~$$\dot{x}(t) = \frac{v_0}{\omega} \cdot \omega \cos \omega t = v_0 \cos \omega t$$~~

~~$$\ddot{x}(t) = -v_0 \omega \sin \omega t = -a_g$$~~

$$\ddot{x}(t) = -v_0 \omega \sin \omega t = -a_g$$

$$\sin \omega t = \frac{a_g}{v_0 \omega}$$

~~$$\sin \omega t = \frac{mg}{v_0 \omega}$$~~

$$\sin \omega t = \frac{mg}{v_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}}$$

$$t = \frac{\ell}{\omega} \arcsin \left( \frac{mg}{v_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}} \right) =$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

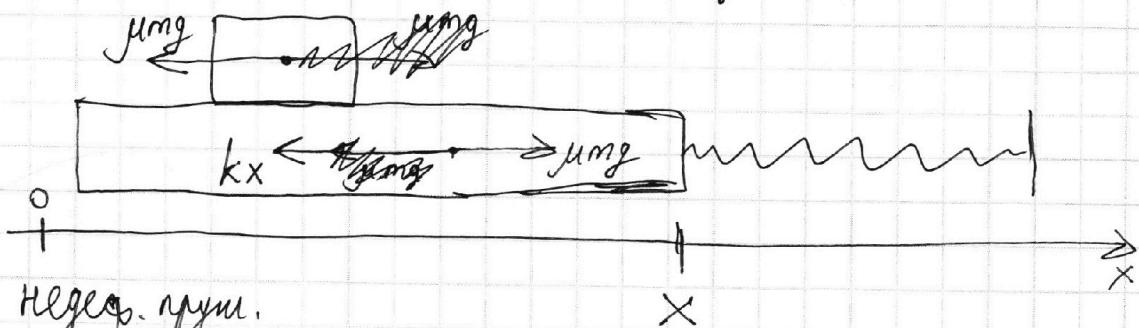
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{M+m}{k}} \arcsin \left( \frac{\mu g \sqrt{M+m}}{v_0 \sqrt{k}} \right) = \\
 &= \sqrt{\frac{2+1}{36}} \arcsin \left( \frac{0,3 - 10 \cdot \sqrt{2+1}}{1 \cdot \sqrt{36}} \right) = \\
 &= \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \arcsin \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{\pi}{3} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{3}{3} = \frac{1}{\sqrt{12}} c
 \end{aligned}$$

3) Когда начнётся отч. гл-е: Ответ: 2)  $c = \frac{1}{\sqrt{12}} c$



Недеесп. пруж.

запись:  $-kx + \mu mg = M\ddot{x}$

$$M\ddot{x} + kx = \mu mg$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = \cancel{\mu mg} \frac{\mu mg}{M}$$

$$\ddot{x} + \frac{\mu mg}{M} \cdot \frac{M}{k} x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\omega_1^2 = \frac{k}{M}$$

$$x(t_1) = -B\omega_1 \sin(\omega_1 t_1 + \varphi_1)$$

$$x(t_1) = B \cos(\omega_1 t_1 + \varphi_1) \quad \Rightarrow$$

$$x(t_1) = B \cos(\omega_1 t_1 + \varphi_1) + \frac{\mu mg}{k}$$

$$x(0) = x_1 = B \cos \varphi_1 + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\dot{x}(0) = v_1 = -B\omega_1 \sin \varphi_1$$

$$\dot{x}(t) = v_0 \cos \omega t = v_1 \quad (\text{равнодопр. рабоч})$$

$$v_1 = v_0 \cos \omega t$$

отсчёт  
времени  
от момента  
отк. движ.

$$x(t_1) = -B\omega_1^2 t_1$$

Будет

$$x_{\max} = \frac{\mu mg}{k} \quad \text{— макс. сжатие пружины.}$$

$$kx_{\max} - \mu mg = Ma_m$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА  
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\left. \begin{array}{l} p_0 = 105 \text{ kPa} \\ t_0 = 97^\circ\text{C} \\ \varphi_0 = \frac{1}{3} (33,3\%) \\ t = 33^\circ\text{C} \\ \hline 1) p_1 - ? \\ 2) t^* - ? \\ 3) \frac{V}{V_0} - ? \end{array} \right\}$$

Т.к. содержащее циклингра оставляет  
постоянно, то прошлый всё время  
будет находиться в равновесии, зна-  
чит:

 $\Rightarrow \text{const}$ 

$$(p_{\text{внеш}} + p_{\text{пары}}) = p_{\text{внутр}} \quad \text{const}$$

$$p_{\text{внутр}} = \text{const} = p_0$$

~~Равн. давление в паре~~

$$1) \varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{нас. п.}}(t_0)} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 p_{\text{нас. п.}}(t_0) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 100 \cdot 91 = \frac{91}{3} = 30 \frac{1}{3} \text{ kPa}$$

2) Тогда конденсация не началась, т.к. во паре  
нет первичного неизменного и равно  $V_n$ . Кап. во вен.  
воздуха равно  $V_f$

$$p_0 = \frac{V_n R T_c}{V_c} + \frac{V_f R T_c}{V_c}$$

$$p_0 = \frac{R T_c}{V_c} \cdot (V_n + V_f) = \text{const}$$

$T_c$  — темп.  
базис. взр.

$V_c$  — объём  
базис. взр.

Значит,  $\frac{T_c}{V_c} = \text{const}$ .



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

парциальное давл. пара:

$$P_n = \frac{v_n R T_c}{V_c}$$

$v_n = \text{const}$

$$\frac{T_c}{V_c} = \text{const}$$

}  $\Rightarrow P_n = \text{const} \Rightarrow$  пока конд. пара не начнётся, его давление не изм.

Когда начнётся конденсация пара, пар будет насыщ., поэтому, учит, получим первое, ищем:

$$P_{\text{нас.п.}}(t^*) = p_1 = 30 \frac{1}{3} \text{ кПа}$$

$t^*$  опред. по графику, получаем, что  $t^* = 69^\circ\text{C}$

3) В конце освобождения пар также будем насыщ., это парциальное давление равно

$$P_n(33^\circ\text{C}) = 5 \text{ кПа} \quad (\text{из графика})$$

$$P_0 = P_n(33^\circ\text{C}) + \frac{v_f R T}{V} = p_1 + \frac{v_f R T_0}{V_0}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v_f R T}{V} = P_0 - P_n(33^\circ\text{C}) \\ \frac{v_f R T_0}{V_0} = P_0 - p_1 \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v_f R T}{V} = P_0 - P_n(33^\circ\text{C}) \\ \frac{v_f R T_0}{V_0} = P_0 - p_1 \end{array} \right. \quad (2)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$(1) : (2) :$$

$$\frac{\frac{V_0 RT}{V}}{\frac{V_0 RT_0}{V_0}} = \frac{P_0 - P_n(33^\circ C)}{P_0 - P_1}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 73 \\ 97 \\ 370 \end{array} \quad \begin{array}{r} 73 \\ 33 \\ 306 \end{array}$$

$$\frac{\frac{T}{V}}{\frac{T_0}{V_0}} = \frac{P_0 - P_n(33^\circ C)}{P_0 - P_1}$$

$$\frac{T \cdot V_0}{V} = \frac{P_0 - P_n(33^\circ C)}{P_0 - P_1} \quad \left| \cdot \frac{T_0}{T} \right.$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{(P_0 - P_n(33^\circ C)) T_0}{(P_0 - P_1) \cdot T}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(P_0 - P_1) T}{(P_0 - P_n(33^\circ C)) T_0} = \frac{(105 - 30\frac{1}{3}) \cdot (33 + 273)}{(105 - 5) \cdot (97 + 273)} =$$

$$= \frac{75 \cdot 30\frac{1}{3}}{100 \cdot 370} \approx 0,75$$

Ombrem:  $P_1 = 30\frac{1}{3} \text{ kPa}$

$$t^* = 69^\circ C$$

$$\frac{V}{V_0} \approx 0,75$$

для округления  
 $P_1$  до 30 кПа,  
 так можно  
 сделать,  
 т.к. можно  
 убрать  
 небольшую.



На одной странице можно оформлять **только** одну задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 из 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$U_0$

1)  $U_c - ?$

2)  $\frac{U_{\max}}{U_{\min}} - ?$

+ центр диска в центре диска:

Если энерг. взаим. „+“ диска с диском  $W$ , то энерг. взаим. „-“ диска с диском равна  $-W$ , т.к. по усло. заряды дисков равны по модулю и противоположны по знаку, а также, т.к. центр диска в центре диска, то расст. от „+“ диска до центра диска равно расст. от „-“ диска до центра диска.

На бесконечности (откуда диски соединены ск-мъ  $\frac{3}{2}U_0$ ) энерг. взаимодейств. диска с диском равна нуль.

по ЗСЭ:  $\frac{m \left(\frac{3}{2}U_0\right)^2}{2} = W + (-W) + \frac{m U_c^2}{2}$

$$U_c = \frac{3}{2}U_0$$

2) Когда диски не дотрагиваются до диска, сила отталкн. „+“ диска от диска больше силы притяжн. „-“ диска к диску, т.к. расст. от „+“ диска до диска меньше расст. от „-“ диска до диска. Поэтому диски тормозят.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
2 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Когда  $||^+$  диски будут в центре диска, сила взаим. этого  $||^+$  с дисками равна нулю (из симметрии).  $||^-$  диски притяг-ся к диску. Значит, диски начнёт разгоняться.

Когда  $||^+$  диски окажутся за центром диска, а  $||^-$  диски еще не дадутся до центра диска, на диски действ. сила отталк.  $||^+$  диски и диска и сила притяж.  $||^-$  диски и диска, эти силы сконцентрированы, диски продолжают разгоняться.

Когда  $||^-$  диски будут в центре диска, сила взаим. этого  $||^-$  с дисками равна нулю (из симметрии), на диски действ. сила отталк. диска и  $||^+$  диски. Диски разгоняются.

Когда  $||^-$  диски окаж-ся дальше центра диска, ~~на диски~~ сила притяж.  $||^-$  диски и диска большие силы отталк.  $||^+$  диски от диска, т.к. расст. от  $||^-$  диски до диска меньше расст. от  $||^+$  диски до диска. Значит, диски теряют импульс

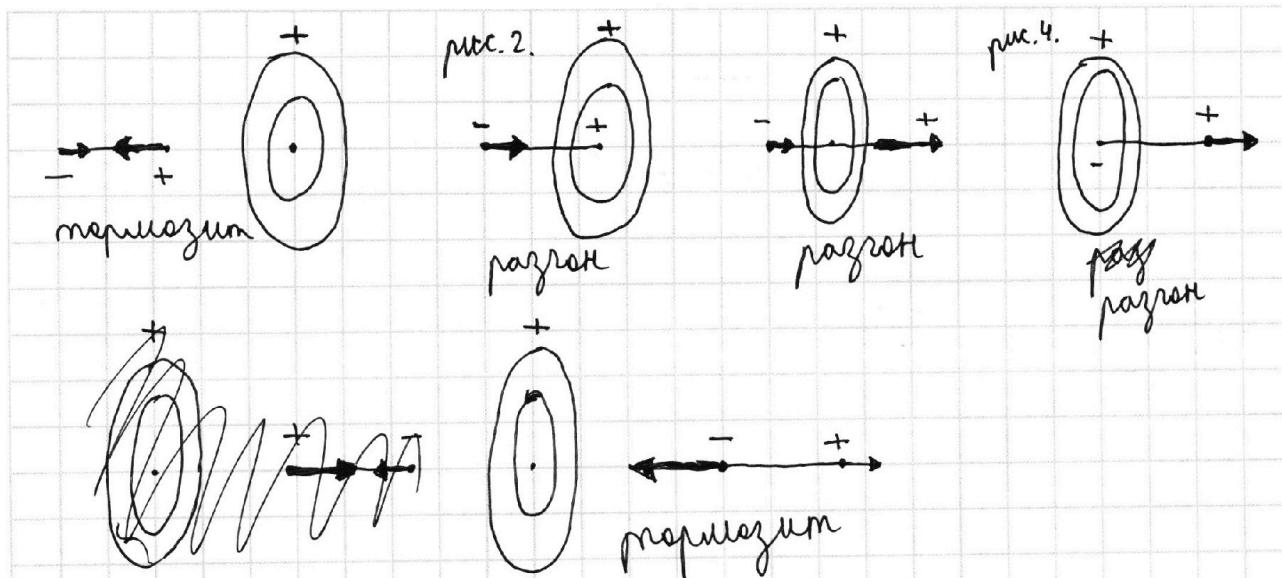


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Значит, ск-ть диполя минимальна, когда "+"  
(рис. 2)  
диполь в центре диска, максимальна, когда "-"  
диполь в центре диска (рис. 4).

~~Вокруг вопроса 1) Энерг.~~

Пусть на рис. 2 энерг. взаим. диполя с диском  $W_2$ , тогда  
на рис. 4 энерг. взаим. диполя с диском  $-W_2$ , т.к.  
рис. 4 отличается от рис. 2 только знаками зарядов диполей, которые стоят на симметрич. местах.

$$\text{по ЗСД: } \int \frac{mv^2}{2} = W_2 + 0 \quad (m - \text{масса диполя})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_{\min}^2}{2} + W_2 = \frac{mv_{\max}^2}{2} - W_2 = \frac{m \cdot \left(\frac{3}{2}v_0\right)^2}{2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_{\min}^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \\ \frac{mv_{\max}^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{\min}^2 = \frac{9}{4}v_0^2 - v_0^2 \\ v_{\max}^2 = \frac{9}{4}v_0^2 + v_0^2 \end{array} \right.$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
4 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{cases} U_{\min}^2 = \frac{5}{4} U_0^2 \\ U_{\max}^2 = \frac{13}{4} U_0^2 \end{cases} \quad \begin{cases} U_{\min} = \frac{U_0 \sqrt{5}}{2} \\ U_{\max} = \frac{U_0 \sqrt{13}}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{\frac{U_0 \sqrt{13}}{2}}{\frac{U_0 \sqrt{5}}{2}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$$

Ответ: 1) ~~1~~  $U_C = \frac{3}{2} U_0$  2)  $\frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

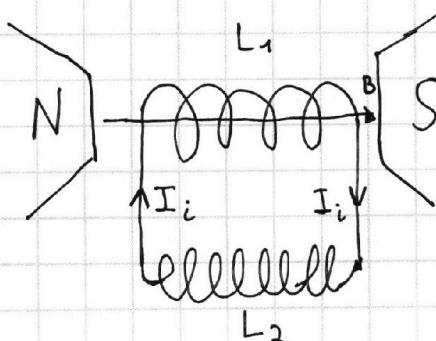
- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

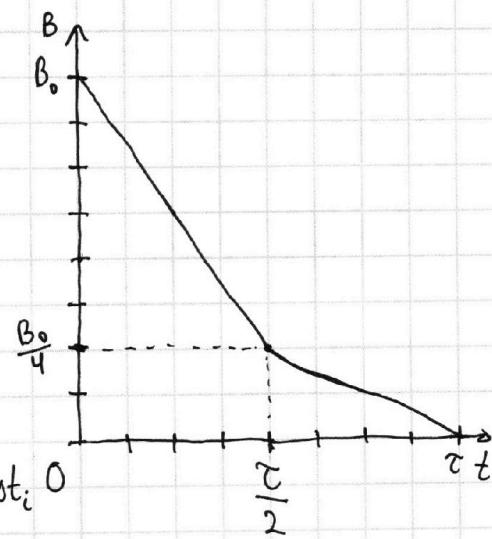
$$\left| \begin{array}{l} L_1 = L \\ n \\ S_1 \\ B_0 \\ L_2 = 3L \\ \tau \end{array} \right.$$

1)  $I_0 - ?$   
2)  $\varphi - ?$



1) по правилу Кирхгофа:

$$-\left(-\frac{\Delta \Phi_{1i}}{\Delta t_i}\right) - \left(-L_2 \frac{\Delta I_i}{\Delta t_i}\right) = 0 \mid \cdot \Delta t_i \quad 0$$



(ЭДС индукции в катушках уже рассчитаны по 3-му Фарadays)

$$\Delta \Phi_{1i} + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$\Delta(B_i S_1 n + L_1 I_i) + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n \Delta B_i + L_1 \Delta I_i + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n \sum \Delta B_i + (L_1 + L_2) \sum \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n (0 - B_0) + (L_1 + L_2) (I_0 - 0) = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$$

также в катушке ~~также~~  
также в кат. L<sub>1</sub>, т.к.  
также в кат. L<sub>2</sub>, т.к.  
катушки соединены  
параллельно

$$2) из 1): S_1 n \Delta B_i + (L_1 + L_2) \Delta I_i = 0$$

предположим такие равенства во некоторого мо-  
мента времени, получим:

$$S_1 n \sum \Delta B_i + (L_1 + L_2) \sum I_i = 0$$

$$S_1 n (B_i - B_0) + (L_1 + L_2) \cdot (I_i - 0) = 0$$

$$\text{т.к. } I_i = \frac{\Delta \Phi_i}{\Delta t_i}, \text{ то}$$

$$S_1 n (B_i - B_0) + (L_1 + L_2) \cdot \frac{\Delta \Phi_i}{\Delta t_i} = 0 \mid \cdot \Delta t_i$$

I-



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$S_1 n \left( B_i \Delta t_i - B_0 \Delta t_i \right) + (L_1 + L_2) \Delta q_i = 0$$

$$S_1 n \left( \sum B_i \Delta t_i - B_0 \sum \Delta t_i \right) + (L_1 + L_2) \sum \Delta q_i = 0$$

$$S_1 n \left( \sum B_i \Delta t_i - B_0 \tau \right) + (L_1 + L_2) q = 0$$

$\sum B_i \Delta t_i$  — это площадь под графиком  $B(t)$ , будущая со знаком „-“, т.к. поле уменьшается.

$$\sum B_i \Delta t_i = - \left( \frac{B_0 + \frac{B_0}{4}}{2} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{\frac{B_0}{4} \cdot \frac{\tau}{2}}{2} \right) =$$

$$= - \left( \frac{5B_0}{8} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{B_0 \tau}{16} \right) = - \left( \frac{5B_0 \tau}{16} + \frac{B_0 \tau}{16} \right) = - \frac{6B_0 \tau}{16} =$$

$$= - \frac{3B_0 \tau}{8}$$

Поставим:  $S_1 n \left( - \frac{3B_0 \tau}{8} - B_0 \tau \right) + (L_1 + L_2) q = 0$

$$(L_1 + L_2) q = S_1 n \left( \frac{8}{8} B_0 \tau + \frac{3}{8} B_0 \tau \right)$$

$$(L_1 + L_2) q = S_1 n \cdot \frac{11}{8} B_0 \tau$$

$$q = \frac{\frac{11}{8} B_0 \tau S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{\frac{11}{8} B_0 \tau S_1 n}{L + 3L} = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{8 \cdot 4L} = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{32L}$$

т.к. ток в  $L_1$  равен тому в  $L_2$ , то заряд  $q$  — заряд прутка.  
через любое сер. провода, в том числе и через кат.  $L_1$ .

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$  2)  $q = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{32L}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$F$$

$$a = 1,1 F$$

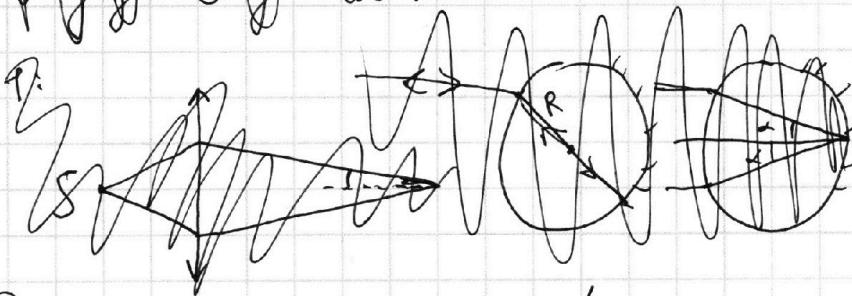
$$b = 10,5 F$$

$$1) R - ?$$

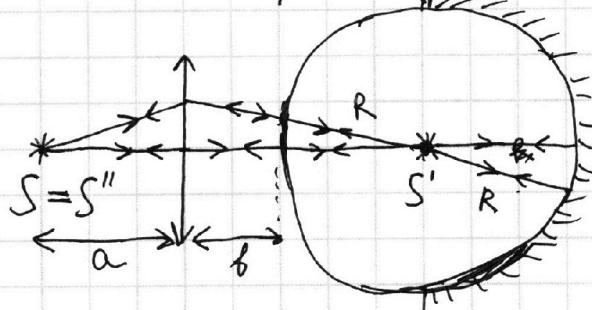
$$\Delta = 5,5 F$$

$$2) n - ?$$

1) чтобы изобр.-е источника сближалось с самими источниками при этом показатель преломления бы вещества шара, нужно, чтобы изобр.-е источника, данное линзой



1) чтобы изобр.-е источника сближалось с самими источниками при этом показатель преломления бы вещества шара, нужно, чтобы изобр.-е источника, данное линзой



$S'$  - изобр., данное линзой  
 $S''$  - изобр., данное системой "линза-шар"

луч, не сближающийся с главн. осм. есть линзы (см. рис.)  
каждый раз идёт по нормальному к **поверхности** шара (нормали - радиусы)

Такие лучи, сближающиеся с гл. осн. есть линзы.

Поэтому, из-за обратимости лучей, изобр.-е источника в системе "линза-шар" сближает с самими источниками.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА  
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

но гр-це тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{10,5F+R}$$

10,5  
1,1  
11,6

$$\frac{1}{F} = \frac{10,5F+R+1,1F}{1,1F(10,5F+R)} \quad | \cdot F$$

105  
11  
105  
105  
1155

$$1 = \frac{11,6F+R}{1,1(10,5F+R)}$$

$$11,6F+R = 1,1 \cdot 10,5F + 1,1R$$

$$11,6F - 1,1 \cdot 10,5F = 1,1R - R$$

$$11,6F - 1,1 \cdot 10,5F = 0,1R \quad | \cdot 100$$

$$1160F - 11 \cdot 105F = 10R$$

$$1160F - 1155F = 10R$$

$$5F = 10R$$

$$F = 2R$$

$$R = \frac{F}{2} \quad \text{Ответ: } 1) R = \frac{F}{2}$$

2) Такие перемещ. центра шара, ~~если~~ изобр. схемой с самим источником, если нет, не схемой с зерн. опт. осью, превратившись о плав-м шаре, разделив б тонкую переср. шар. опт. оси и



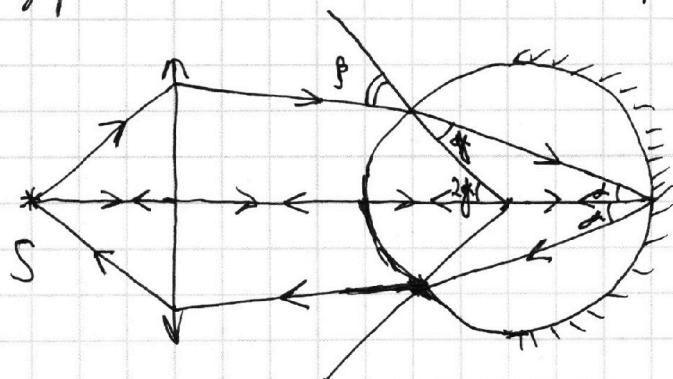
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

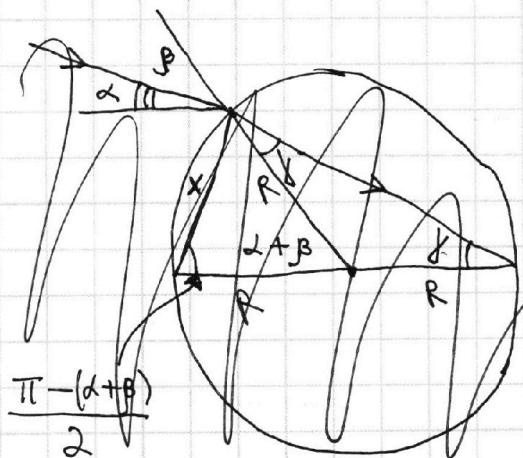
СТРАНИЦА  
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

зеркальной лев-ти шара (см. рис.)



$$\beta = n\gamma$$



$$\begin{cases} 2\gamma = \beta \\ \beta = n\gamma \end{cases}$$

$$n = 2$$

$$\text{Ответ: } 2) n = 2.$$

т.к. экран обеспечивает малость углов, то все расчеты будем вести в параллельном приближении, сразу заменив sin на сам угол.

т.к. экран обеспр. малость углов лучей падающих на шар с опт. осью, то будем считать что пад. // плоск

$$\begin{aligned} 2\gamma &= 2\beta \\ \beta + n\gamma &= 2\beta \\ 2\gamma - \cancel{\beta} &= \beta(2-n) \end{aligned}$$

$$2\gamma = 2\beta$$

$$\beta + n\gamma = 2\beta$$

$$2\gamma - \cancel{\beta} = \beta(2-n)$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$M_{am} =$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!