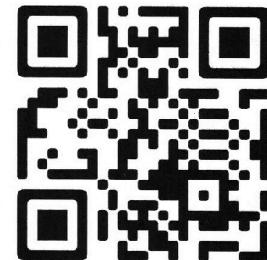




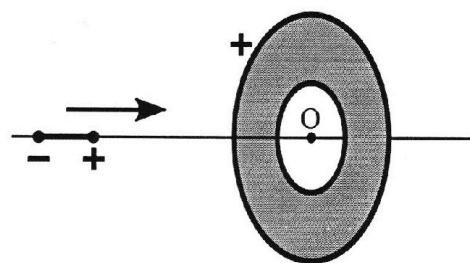
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-03**

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

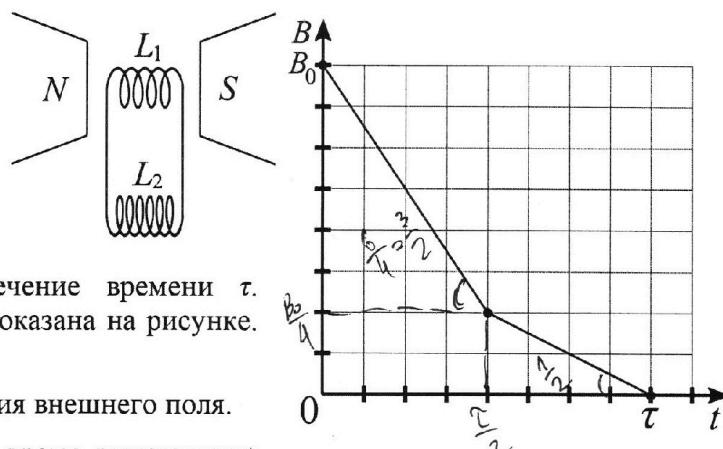
**3.** В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) 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.

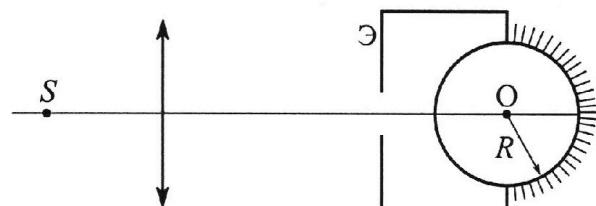
**4.** Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 3L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление 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 пре небрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



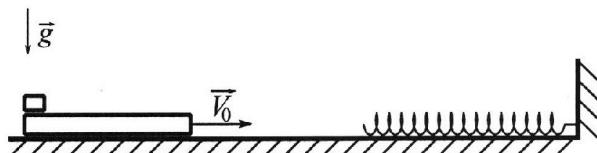
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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 жёсткости  $k = 36$  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.

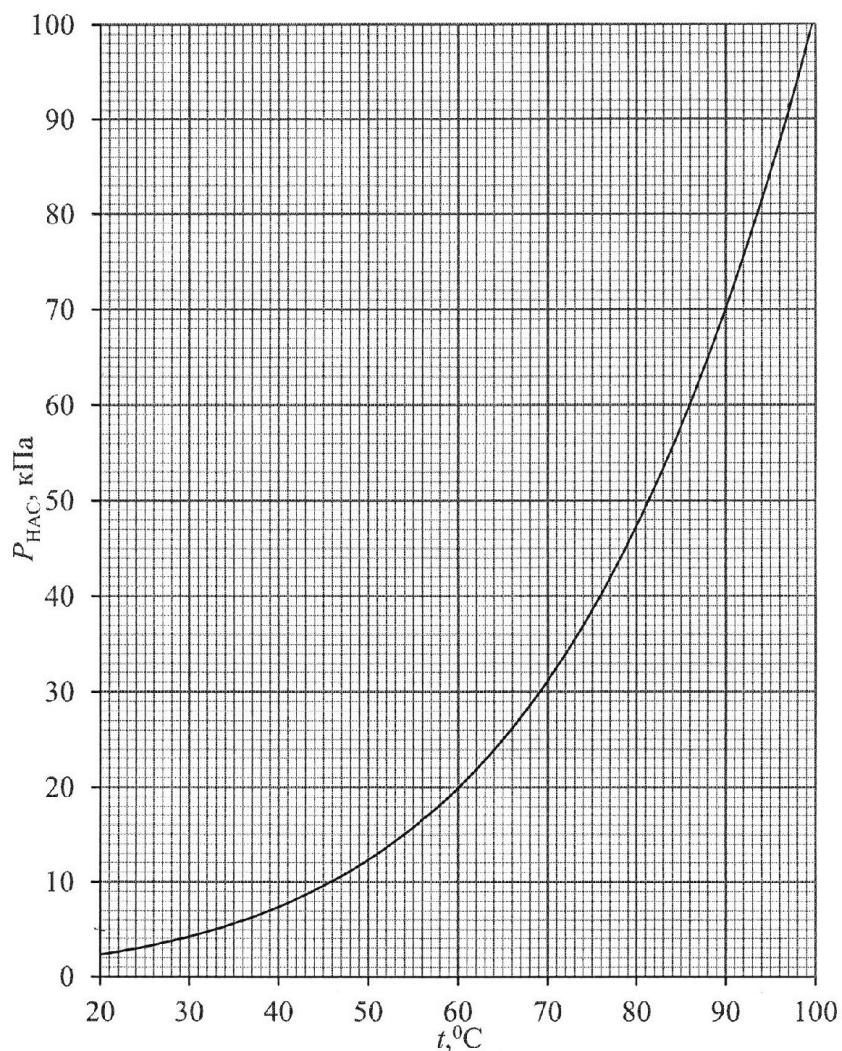


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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  $\phi_0 = 1/3$  (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 объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.

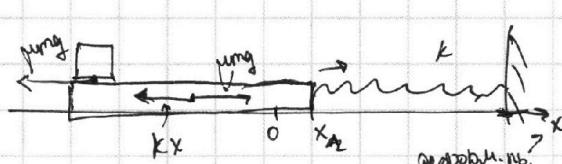


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 из 1

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) В нач. откос. зв. се бруска и доски:  $F_{tr} = \mu N = \mu mg$

(две доски) на доску действует такая  $F_{tr}$  б.

противоположн. сторону:  $M\ddot{x} = \mu mg - kx \Rightarrow M\ddot{x} + kx = \mu mg$   
 $x_0 = x - \frac{\mu mg}{k} \Rightarrow \ddot{x}_0 + \frac{k}{M} x_0 = 0 \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{k}{M}$  ур-е гармошк. кол-и

$\Rightarrow$  кол-во гармошк. кол-и, т.е. откос. зв. се бруска и доски. ~~затемнение~~ ~~затемнение~~ ~~затемнение~~ ~~затемнение~~ ~~затемнение~~  
 равновесные системы смешаются и  $x_0 = \frac{\mu mg}{k}$ ,  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}$ ,  $F_{tr} = F_{tr\text{склон.}} \Rightarrow$   
 пока кол-во  $\alpha_x$  становится равно  $\alpha_x = -\frac{\mu mg}{M}$ ,  $F_{tr} = F_{tr\text{склон.}} \Rightarrow$   
 $-M\ddot{x} = \mu mg - kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{\mu g(m+M)}{k} = \frac{9.3 \cdot 10}{36} (2+1) = \frac{3.3}{36} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ м}$

2) Стартова скорость зв. откос. зв. происходит кол-во:

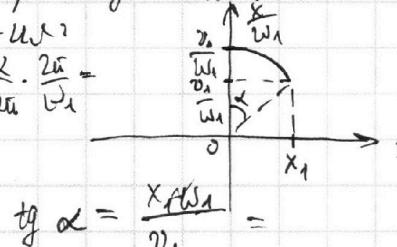
$$(M+m)\ddot{x} = -kx \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{k}{m+M}, \text{ ораз. } T = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m+M}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{12}{12+3}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{4}} = \frac{\pi}{2}$$

$$x = x_0 \sin \omega_1 t$$

$$v = \dot{x} = \omega_1 x_0 \cos \omega_1 t$$

$$\left(\frac{v}{\omega}\right)^2 + x^2 = \text{Const} \Rightarrow$$

$$t = \frac{\alpha}{\omega_1} = \frac{\pi}{\omega_1} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{12}{12+3}}} = \frac{\pi}{\sqrt{4}} = \frac{\pi}{2} = 25 \text{ см}$$



$$\left(\frac{v_0}{\omega_1}\right)^2 + x_0^2 = \left(\frac{v_1}{\omega_1}\right)^2 + x_1^2 \Rightarrow \frac{v_1}{\omega_1} = \sqrt{\left(\frac{v_0}{\omega_1}\right)^2 - x_1^2} = \sqrt{\frac{v_0^2}{\omega_1^2} - x_1^2} = \sqrt{\frac{v_0^2}{k} (M+m) - \frac{(Mg)^2}{k (M+m)}}$$

$$\frac{v_1}{\omega_1} = \sqrt{\frac{1^2}{12} - \frac{1^2}{16}} = \frac{1}{4\sqrt{3}} \text{ (м)} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{x_1}{v_1/\omega_1} = \frac{1}{\sqrt{3}/4\sqrt{3}} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{3}{3} \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ (с)}$$

$$3) \left(\frac{a}{\omega_2}\right)^2 + v^2 = \text{Const} \leftarrow \text{зме зде разбрасыв. доски с } \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{\sqrt{12}}{3} = 2\sqrt{3} \text{ (с)}$$

$$\left(\frac{a_{1x}}{\omega_2}\right)^2 + v_1^2 = \left(\frac{a_{2x}}{\omega_2}\right)^2 + v_2^2 \quad (\text{max спасение} \Rightarrow v_2 = 0) \quad = 3\sqrt{2} \text{ (с)}$$

$$a_{1x} = -\mu g; \quad v_1 = \frac{\omega_1}{4\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{12}}{4\sqrt{3}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ (м/с)}$$

$$\Rightarrow a_2 = \sqrt{\frac{a_{1x}^2}{\omega_2^2} + \frac{v_1^2}{\omega_2^2}} = \sqrt{3^2 + \left(\frac{1.3\sqrt{12}}{2\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{3^2 + \frac{1.3^2 \cdot 12}{4}} = \sqrt{3^2 + 16.9} = \sqrt{25.9} = 5.08 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 1) 25 см; 2)  $\frac{1}{2\sqrt{3}}$  с; 3)  $1,5\sqrt{6}$  м/с

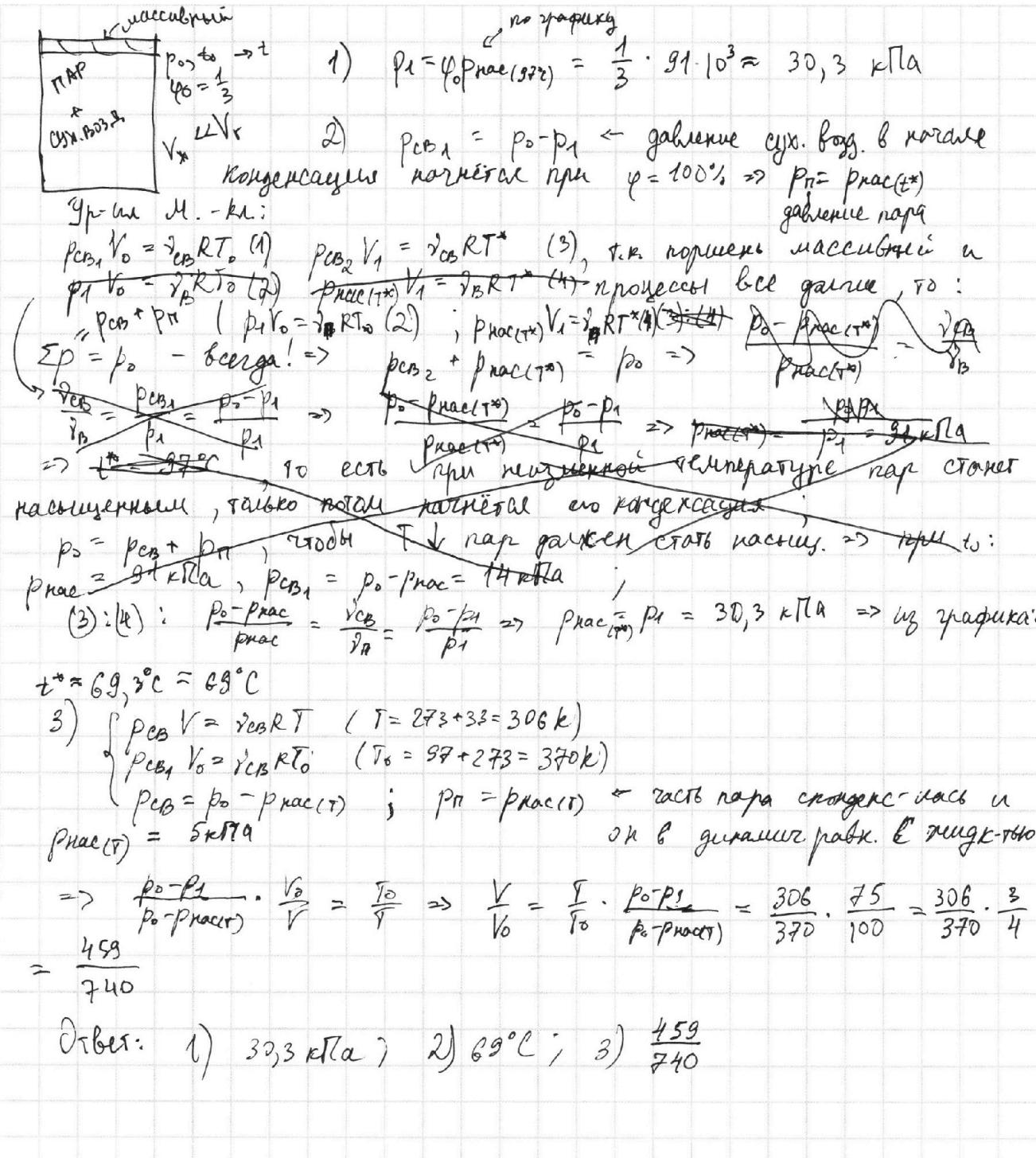


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 из 1

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!



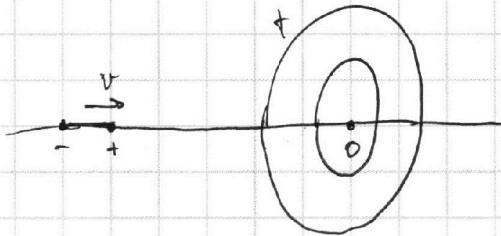


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 1

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!



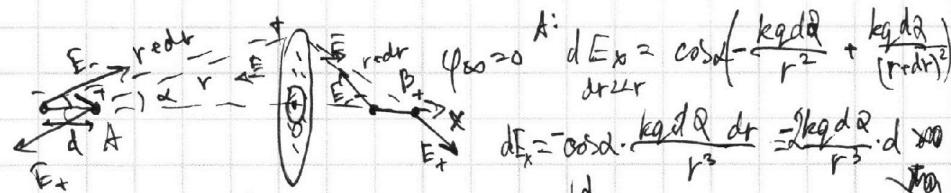
$$1) \frac{3C\vartheta}{2} \frac{m v_0^2}{2} = A_E - \frac{\Phi_0}{r}, \text{ при } K_K = 0 \text{ консистентно}$$

$$3C\vartheta: \frac{m (\frac{3}{2} v_0)^2}{2} = A_E + \frac{m v^2}{2} = \frac{m}{2} (v_0^2 + v^2)$$

$$v_{min} = v_0; \\ v = \frac{3}{2} v_0$$

$$\Rightarrow \frac{9}{4} v_0^2 - v_0^2 = v^2 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$

2)



$$K_0 = \Delta\varphi + K_K \Rightarrow \frac{mv^2}{2} + (\varphi - \varphi_{\infty}) = \frac{mv_{\infty}^2}{2} \xrightarrow{\text{до достижения диска } dE_x < 0} \frac{d\varphi}{dt} = -\frac{dE_x}{dr} \Rightarrow \Delta\varphi \uparrow;$$

П.к. диск заряжен и поглощает его, то силовые линии эл. поля направлены от него, а вдоль силовых линий  $E$  потенциал  $\varphi$  убывает  $\Rightarrow$  на оси диска  $\varphi = \varphi_{\max}$ !, из Задачи при  $\varphi = \varphi_{\max}$   $K_K \rightarrow \min \Rightarrow$

$$v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0 \leftarrow \text{на оси } \cancel{\text{диска}}; \quad v_{max} = \frac{3}{2} v_0$$

$$\Rightarrow \frac{v_{max}}{v_{min}} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot \sqrt{5}} = \frac{3}{\sqrt{5}}$$

$$\text{Отв: 1) } \frac{\sqrt{5}}{2} v_0; \quad 2) \frac{3}{\sqrt{5}}$$

Продолжение: до достижения диска  $dE_x < 0 \Rightarrow \sum dE_x < 0 \Rightarrow d\varphi = \sum dE_x \cdot dr$

$\Rightarrow \varphi \uparrow$  (от  $\infty$  до диска); после прохождения конвогрот:

$$dE_x = \frac{kq dQ}{r(r+dr)^2} \cos\alpha \left( \frac{1}{(r+dr)^2} - \frac{1}{r^2} \right) = \frac{kq dQ \cos\alpha \cdot 2dr}{r^3}, \quad \varphi \downarrow$$

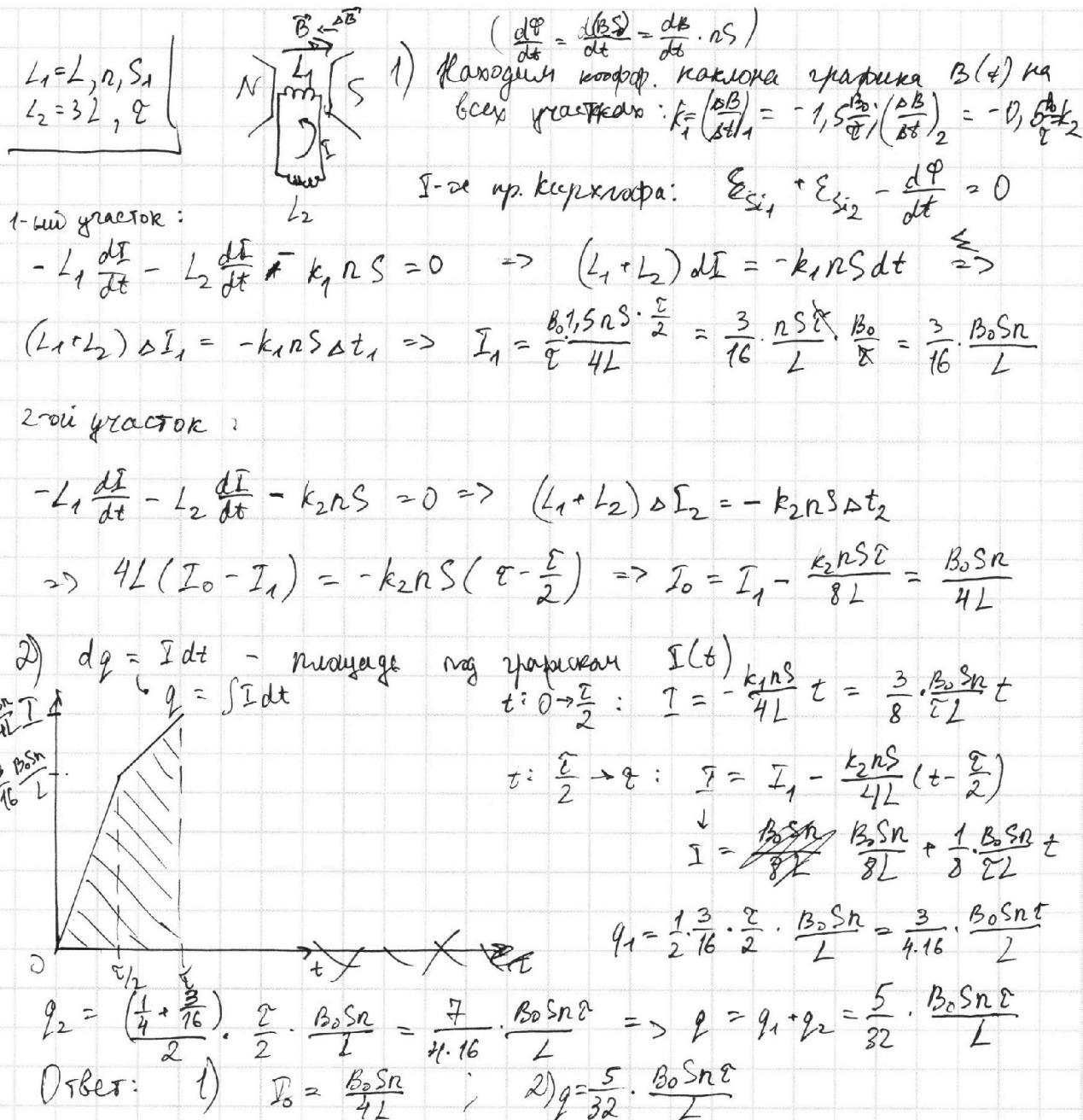


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 1

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!



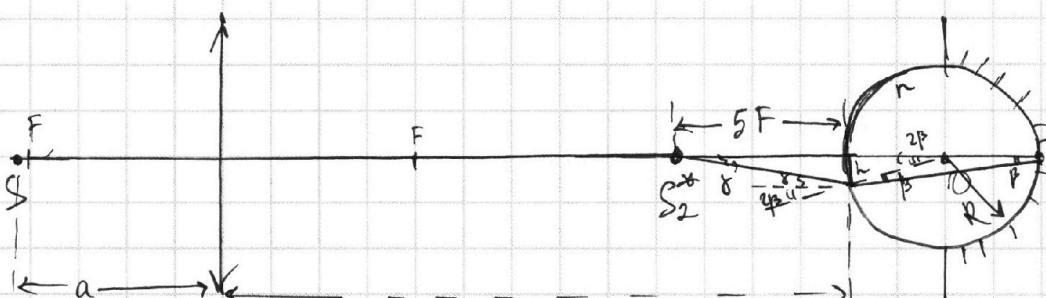


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
1 из 1

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!



$$a = 1,1 F$$

$$b = 1,25 F$$

$$\Delta = 5,5 F$$

$$x_1 - b = 0,5 F = 2R$$

1) преломл. у содр. линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow x_1 = \frac{af}{a-f}$

$x_1 - b = 0,5 F$  — расст.-ие от линзы до изображ. В через линзу = 11 F

(S\* будет на зеркале)  $\Rightarrow R = 0,25 F$

$$b'; b+D$$

2) Рассмотрим малый угол падения луча от S\*:

$$\gamma \approx \sin \gamma \Rightarrow n \beta = \gamma + 2\beta \quad \text{из геометрии: } 5F \cdot \tan \gamma = R \cdot \tan 2\beta$$

$$n = \frac{2R}{5F} + 2 = \frac{2 \cdot 0,25}{5} + 2 = 2,1$$

$$5F \gamma = R \cdot 2\beta$$

$$\gamma = \frac{2R}{5F} \beta$$

Ответ: 1)  $R = 0,25 F$ ; 2)  $n = 2,1$ .



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"/> |

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!



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 type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$-(\varphi_0) + k_0 = 0$        $K_0 - \varphi = K_K$        $E_d = \varphi_0 - \varphi$

$\frac{1}{r^2} \left( 1 - 2 \frac{dt}{r} \right)$   
 $\text{mod} \varphi \neq d\varphi \approx 0$   
 $d\varphi = - \text{mod} \varphi$

$SF \cdot \gamma = R \cdot 2\beta$   
 $\gamma = \frac{2\beta}{SF} \cdot \frac{2R}{SF} + 2 \cdot \frac{2\beta}{S} \cdot 2 = 2 \cdot 2 = 1$   
 $\gamma + 2\beta = n \beta$

$\infty + \frac{n}{x} = \frac{n-1}{R}$   
 $\frac{n-1}{R} = \frac{\pi}{x} \cdot \frac{1}{n}$   
 $x = \frac{R}{\pi} \cdot \frac{n}{n-1} = \frac{R}{\pi} \cdot \frac{n^2}{n-1}$   
 $x = \frac{R}{\pi} \cdot \frac{n^2}{n-1}$

$D = 16F$   
 $D_1 = 16F$

$\frac{d\varphi}{dt} =$   
 $(L_1 + L_2) I =$   
 $(L_1 + L_2) I = 1,5nS \frac{\pi}{2}$

$\frac{4+3}{16 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{16}{2} = \frac{5}{32}$





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!



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"/> |

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!