



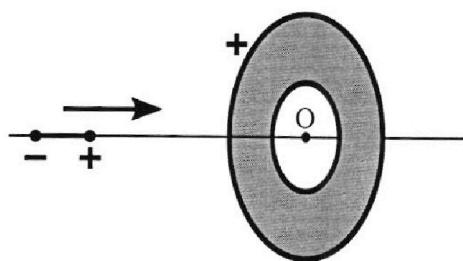
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-03**

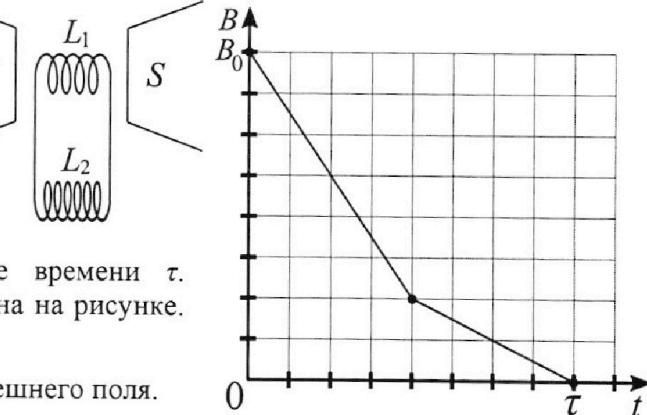
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

**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  $\frac{3}{2}V_0$ .



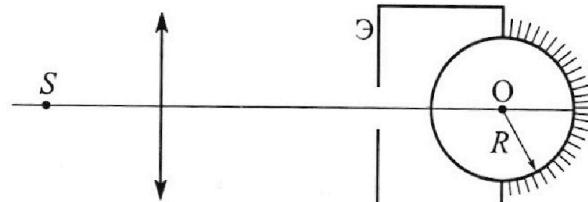
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

**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  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



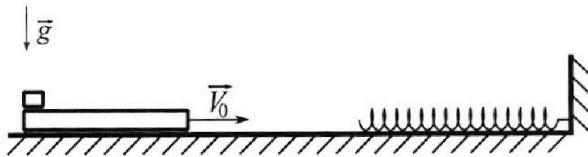
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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.

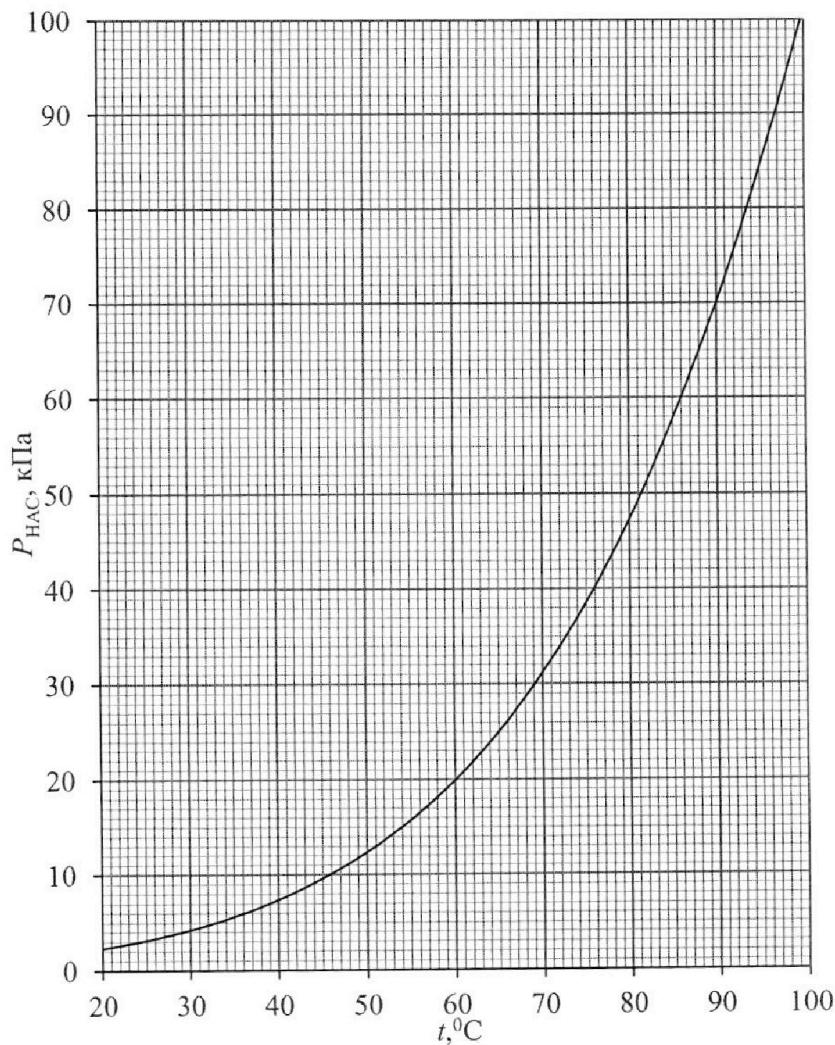


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 97 °C.
- 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.



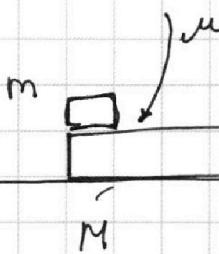


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!

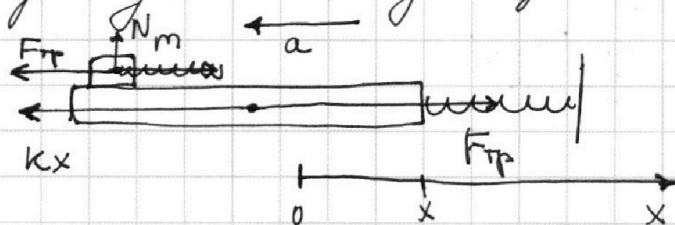


н1.

Введем ось x. От конца пружины координата ~~х~~  
 $x = 0$

0  $l_0$   $x$

До того, как начнется проскальзывание, блоки и доска движутся как одно целое тело ~~одинаково~~



II з. Черт:

$$\text{две доски: } kx - F_{tr} = Ma$$

$$\text{две блока: } F_{tr} = ma$$

1)

$$kx = (m+M)a \Rightarrow \underline{\underline{kx = 3ma}} \quad (1)$$

1) В том момен~~т~~, когда начнется отн. движение:

$$F_{tr}^{(\max)} = ma_{kp}$$

$$F_{tr}^{(\max)} = \mu N, \text{ где } N = mg \Rightarrow ma_{kp} = \mu mg$$

$$a_{kp} = \mu g \quad (2)$$

Ответ:

$$\begin{aligned} \text{Ур-е (2) в (1): } & kx_{kp} = 3ma_{kp} \\ & kx_{kp} = 3\mu mg \Rightarrow x_{kp} = \frac{3\mu mg}{k} = \frac{1}{4}\mu \end{aligned}$$

2) III. в оси x вправо, то  $a = -\ddot{x}$  (3)

$$(3) \rightarrow (1): \mu x = -3m\ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{3m}x = 0 \quad \text{- ур-е колебаний}$$

Решение в видах:

$$x(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

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"/> | <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!

$$x(0) = 0$$

$$\dot{x}(0) = \sqrt{5}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{0 = A}}$$

$$x(0) = A$$

$$\dot{x}(t) = -Aw \sin(\omega t) + Bw \cos(\omega t)$$

$$\dot{x}(0) = Bw \Rightarrow Bw = \sqrt{5}, \text{ т.е. } w^2 = \frac{k}{3m}$$

$$\underline{\underline{B = \sqrt{5} \sqrt{\frac{3m}{k}}}}$$

Получаем  $x(t)$ :

$$x(t) = \sqrt{5} \sqrt{\frac{3m}{k}} \cdot \sin(\omega t).$$

Когда написанное **встречается** с опи. движение  $x(t) = x_{kp}$

$$\frac{3mg}{k} = \sqrt{5} \sqrt{\frac{3m}{k}} \sin(\omega t), \text{ т.е. } t - \text{ ищемое вр.}$$

$$\frac{1}{4} = 1 \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} \sin(\omega t)$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \sin(\omega t) \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ Ответ.}$$

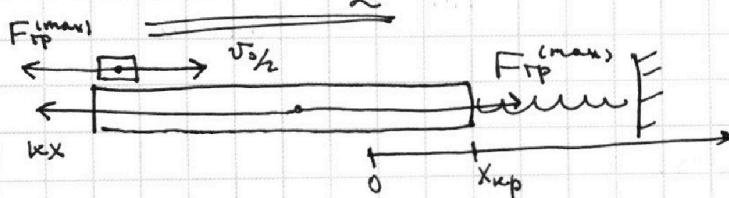
$$\omega t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \boxed{t = \frac{\pi}{6} \cdot \sqrt{\frac{3m}{k}} = \frac{\sqrt{3}}{12m}}$$

3) Скорость доски и бруска в момент <sup>начало</sup> **встречи**:

$$\dot{x}(t) = \sqrt{5} \sqrt{\frac{3m}{k}} \cdot \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \cos(\omega t) = \sqrt{5} \cos(\omega t)$$

$$\text{Примем } \cos(\omega t) = \frac{1}{2}, \text{ т.к. } \sin(\omega t) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\dot{x}(t) = \frac{\sqrt{5}}{2}$$



Потом брусков скользят и действует на доску с силой  $F_{tp}^{(max)} = \mu mg$

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**.










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!

Запишем № 3. Ищут две доски:

$$-kx + F_{\text{уп}}^{(\text{max})} = 2m\ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x = \frac{\mu g}{2}$$

Пусть  ~~$x_0$~~   $x(t) = x_0(t) + F$ , где  $F = \text{const}$ .

$$\ddot{x}_0 + \frac{k}{2m}x_0 + \frac{k}{2m}F = \frac{\mu g}{2}$$

Знач.  $F$  такое, что:  $\frac{k}{2m}F = \frac{\mu g}{2}$



$$\underline{\underline{F = \frac{\mu mg}{k}}}$$

$$\ddot{x}_0 + \frac{k}{2m}x_0 = 0$$

Ур-ие колебаний

Решение в виде:

$$x_0(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)$$

$$x(0) = x_0$$

$$\dot{x}(0) = \frac{v_0}{2}$$

Найдите  $A$  и  $B$ :

$$x_0(0) = A \Rightarrow A = x_0 - F = \frac{3\mu mg}{k} - \frac{\mu mg}{k}$$

$$x_0 = x_0(0) + F \Rightarrow A = \frac{2\mu mg}{k}$$

$$\ddot{x}_0(t) = -A\omega \sin(\omega t) + B\omega \cos(\omega t)$$

~~$x(0) = \frac{v_0}{2}$~~   $\Rightarrow B = \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{2m}{k}}$

Получаем:

$$x_0(t) = \frac{2\mu mg}{k} \cos(\omega t) + \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{2m}{k}} \sin(\omega t)$$

$$x(t) = \frac{\mu mg}{k} (1 + 2 \cos(\omega t)) + \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{2m}{k}} \sin(\omega t)$$

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"/> | <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!

Найдем  $\dot{x}(t)$  и  $\ddot{x}(t)$ :

$$\dot{x}(t) = -\frac{2 \mu mg}{k} \cdot \sqrt{\frac{k}{2m}} \sin(\omega t) + \frac{\nu_0}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sqrt{\frac{k}{2m}} \cos(\omega t).$$

$$\ddot{x}(t) = -\frac{2 \mu mg}{k} \cdot \frac{k}{2m} \sqrt{\frac{\omega^2}{k}} \frac{\nu_0}{2} \sqrt{\frac{k}{2m}} \sin(\omega t).$$

Максимальное сжатие при  $\dot{x}(T_{max}) = 0$

Время до остановки  
доски

$$\text{Решая } 2 \mu g \sqrt{\frac{m}{2k}} \sin(\omega T_{max}) = \frac{\nu_0}{2} \cos(\omega T_{max})$$

$$\operatorname{ctg}(\omega T_{max}) = \frac{4 \mu g}{\nu_0} \sqrt{\frac{m}{2k}} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 10}{1} \sqrt{\frac{1}{42}} =$$

$$= \frac{12}{6} \frac{1}{\sqrt{42}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\operatorname{tg}(\omega T_{max}) = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Подставим данное выражение в  $\ddot{x}(t)$ , т.е.

$$\cos(\omega T_{max}) = \frac{2}{\sqrt{6}}$$

$$\sin(\omega T_{max}) = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\ddot{x}(T_{max}) = -\frac{2 \mu g}{k} \cdot \frac{2}{\sqrt{6}} - \frac{\nu_0}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{2k}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\ddot{x}(T_{max}) = -\left(0,3 \cdot 10 \cdot \frac{2}{\sqrt{6}} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{36}{6 \cdot 1}}\right) \frac{m}{c^2} - \left(\frac{6}{\sqrt{6}} + \frac{3}{\sqrt{6}}\right) \frac{m}{c^2} - \frac{9}{\sqrt{6}} \frac{m}{c^2}$$

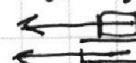
$$\boxed{\ddot{x} = -\frac{3}{2} \frac{\sqrt{6}}{2} \frac{m}{c^2}}$$

→ но получено:  $\ddot{x}_{max} = \frac{3}{2} \frac{\sqrt{6}}{2} \frac{m}{c^2}$

Этот ответ справедлив только если верна брутальная гипотеза остановки доски за это время.

Действительно, если на бруском и доске момент  $\tau = x \cdot k_{kp}$ :

$\mu mg$



$\mu mg$

Сила равна, но при дальнейшем

сжатии пружинное сила и  $x$

будет увеличиваться  $\Rightarrow$  доска

$$kx_{kp} = 3 \mu mg$$

←  $\Rightarrow$  остановится быстрее, чем бруск

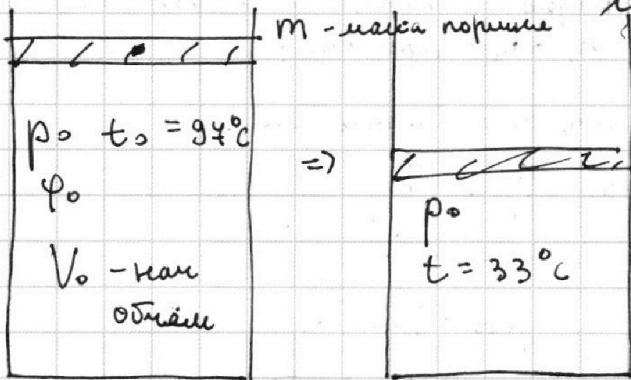


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!



1.2.

Ж.и. газ находится под парением, то в то время происходит при  $p_0 = \text{const}$ .

1) Ур-е Менг.-Кн:

~~$p_1 \cdot V_1 = p_0 \cdot V_0$~~

~~$p_1 + p_{\text{пар}} = p_0$~~

зде  $p_{\text{пар}}$  - давл. пара при  $T_0 = 94^\circ\text{C}$ ,  $T_0 = 340\text{ K}$

Найдем давление  $p_{\text{пар}}$  при  $T_0 = 340\text{ K}$

из графика:  $p_{\text{пар}}^{(0)} = 91\text{ kPa}$

Из условия Ж.и. вязкость  $\varphi = \frac{1}{3}$ , то

$$\text{Отсюда } p_{\text{пар}}^{(0)} = \frac{p_{\text{пар}}^{(0)}}{\varphi} \cdot \varphi = \frac{p_{\text{пар}}^{(0)}}{3} \approx 30,33 \text{ kPa} \Rightarrow p_1 = p_0 - p_{\text{пар}}^{(0)}$$

$$p_1 \approx 44,66 \text{ mPa}$$

2) По тому, как пар настолько парен: Орабем:

$$p_1 V_1 = \gamma R T_0 \Rightarrow p_0 V_0 = (\gamma + \gamma_n) R T_0 - \text{при } T_0 = 340\text{ K}.$$

$$p_{\text{пар}}^{(0)} V_0 = \gamma_n R T_0$$

$$\frac{p_1}{p_{\text{пар}}^{(0)}} = \frac{\gamma}{\gamma_n} \approx \frac{44}{30} - \text{здесь } \gamma - \text{возд., } \gamma_n - \text{пара.}$$

В производности логарифм  $T$ :

$$p \propto T \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

$$p_{\text{пар}}^{(0)} V = \gamma_n R T \Rightarrow \frac{p_{\text{пар}}^{(0)}}{p_0} = \frac{\gamma_n}{T_0} \quad (2)$$

Ж.и.  $p = \text{const}$   
массой воздуха

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!

2) Ур-ие Meng.-ки для ~~пары~~<sup>воздуха</sup> в нач. момент и произвольной:

$$\text{для } V_0 = p_0 V_0 = \gamma R T_0 - \text{ нач. дне влаги воздуха}$$

$$\text{для воздуха в нач. мом. } p_0 V_0 = \gamma R T_0 \Rightarrow \frac{V_0}{V_0} = \frac{T_0}{T_0}$$

$$\text{для пара в произв. момент } p_0 V_0 = \gamma R T_0 \Rightarrow p_0 V_0 = \gamma R T_0$$

$$p_0 V_0 = \gamma R T_0$$

для воздуха в  
произвольный момент

$$p_n V_0 = \gamma R T_0 - \text{для пара в нач. мом.}$$

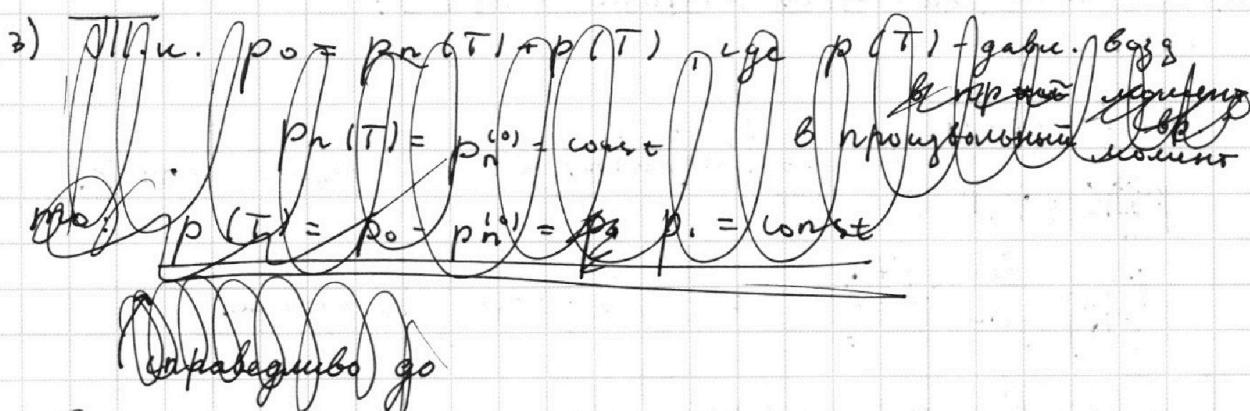
$$\frac{p_n^{(0)}}{p_0} \cdot \frac{V_0}{V_0} = \frac{T_0}{T_0}$$

$$\underline{\underline{p_n^{(0)} = p_n(T)}}$$

Получаем, что  $\frac{p_n^{(0)}}{p_0} = \text{const} = 30,33 \text{ кПа}$ .

Найдем из графика температуру, где  $p_n^{(0)}$  — дне нач. лага.

$$\text{Ответ: } t^* \approx 69^\circ\text{C}$$



Далее пар будет конденсироваться (после  $t^*$ ):

$$p_n(t^*) = 5 \text{ кПа} - \text{давн. нач. пара при } t = 33^\circ\text{C}$$

$$p(t) V = \gamma R T - \text{зде } T = 306 \text{ К. - Meng.-ки в нач. мом. дне воздуха}$$

$$p_0 = p(t) + p_n(t) \rightarrow p_0 V_0 = \gamma R T_0 - \text{Meng.-ки в нач. мом. дне воздуха}$$

$$\underline{\underline{p(t) = 100 \text{ кПа}}}$$



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!

Когда подключены кислородные аппараты, давление газов в сосуде:

$$\frac{P(t) V}{P_0 V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \boxed{\frac{V}{V_0} = \frac{T P_0}{T_0 P(t)} = \frac{306 \cdot 44,66}{340 \cdot 100} \approx \frac{3,04}{3,4}}$$

Ответ ↗

$$\approx \frac{231}{3,4} \approx \frac{2310}{34}$$



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.

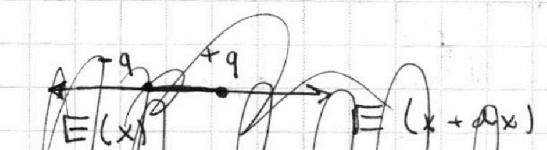
- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!

Задача второго уровня:

$$m \cdot \frac{3}{2}$$



Суммарное сила на диполе:

$$E = \frac{6q}{2\pi} \left( \frac{x}{R^2+x^2} - \frac{x+dx}{R^2+(x+dx)^2} \right)$$

Задача первого уровня:

$$m v_0^2 = m v_{\infty}^2 + q \phi_0$$

Когда скорость минимальна  $E(x) = 0$   $\Rightarrow F = 0$  на диполь равна 0  $\Rightarrow$

минимальная скорость достигн. в центре диска.

На диполе:  $E(x) - E(x+dx) \approx$ :  $q$  - заряд диполя

$$E = \frac{6q}{2\pi} \cdot \left( \frac{dx}{\sqrt{R^2+x^2}} - \frac{dx}{\sqrt{R^2+(x+dx)^2}} \right)$$

1) ~~Но~~ Для половины пути диполь теряется. значит, в симметрии скорость в центре

равна 0 (две симметрии)

$$2) \frac{v_{\min}}{v_{\max}} = \frac{\frac{3}{4}\sqrt{5}}{\frac{3}{2}\sqrt{5}} = \frac{1}{2}$$

- м.к. на всем пути диполь теряется. Он велик.

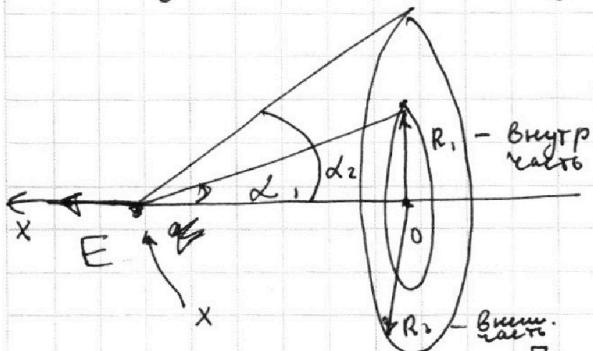
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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!

Найдем составляющую  $E \perp$  оси:



Найдем составляющую  $E \perp$  оси:

Две задачи справедливы.

$$dE = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \cdot dS - \text{здесь } dS - \text{ меньший угол}$$

$$E(\star) = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} (\Sigma_2 - \Sigma_1).$$

$$\Sigma_2 = (1 - \cos\omega_2) \cdot 2\pi$$

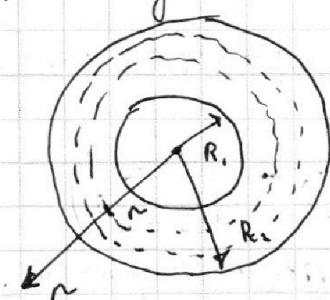
$$\Rightarrow E(\star) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\cos\omega_1 - \cos\omega_2).$$

$$\Sigma_1 = 2\pi (1 - \cos\omega_1)$$

$$\Leftrightarrow \cos\omega_1 = \frac{x}{\sqrt{R_1^2 + x^2}}, \quad \cos\omega_2 = \frac{x}{\sqrt{R_2^2 + x^2}}$$

$$E(x) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left( \frac{x}{\sqrt{R_1^2 + x^2}} - \frac{x}{\sqrt{R_2^2 + x^2}} \right)$$

1) Найдем потенциал в центре:



$$d\varphi = \frac{k dq}{r} \Rightarrow d\varphi = \frac{k \cdot 2\pi r \sigma dr}{r} =$$

$$dq = 2\pi r \sigma \cdot \sigma dr$$

$$\Rightarrow \int d\varphi = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} dr = \varphi_0 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (R_2 - R_1)$$

поменял в центре

здесь же первое скрутило:

$$\frac{m\omega_1^2}{2} = \varphi_0 + \frac{m\omega_2^2}{2} \cdot \text{чтобы } \varphi_0 = 0$$

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.



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

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = I(B) \cdot dt.$$

$$dq = \frac{S_n}{3L} (B_0 - B) dt$$

Выразим  $B(t)$  из графика:

Прямоуголь о го  $T/2$ :  $B(t) = B_0 - \frac{3}{4} B_0 t$ .

Прямоуголь

$$B(t) = B_0 - \frac{3}{4} B_0 t$$

$$\underline{\underline{B(t) = B_0 - \frac{3}{2} \frac{B_0}{T} t}}$$

Прямоуголь ом  $T/2$  го  $\bar{t}$ :

$$B(t) = \frac{B_0}{2} - \frac{B_0}{2T} t$$

$$\underline{\underline{B(t) = \frac{B_0}{2} - \frac{B_0}{2T} t}}$$

Найдем протяжение заряда:

•  $q_1$  (ом о го  $T/2$ )

$$dq_1 = \frac{S_n}{3L} \left( B_0 - B_0 + \frac{3}{2} \frac{B_0}{T} t \right) dt = \frac{S_n}{2L} \cdot \frac{B_0}{T} \cdot t dt$$

$$\int_0^{T/2} dq_1 = \frac{S_n B_0}{2L T} \cdot \int_0^{T/2} t dt \Rightarrow q_1 = \frac{S_n B_0}{2L T} \cdot \frac{T^2}{2 \cdot 4} = \underline{\underline{\frac{S_n B_0 T}{16 L}}}$$

•  $q_2$  (от  $T/2$  го  $T$ ):

$$\int_{T/2}^T dq_2 = \frac{S_n}{3L} \left( B_0 - \frac{B_0}{2} + \frac{B_0}{2T} t \right) dt = \frac{S_n}{3L} \left( \frac{B_0}{2} \int_{T/2}^T dt + \frac{B_0}{2T} \int_{T/2}^T t dt \right)$$

$$q_2 = \frac{S_n}{3L} \left( \frac{B_0}{4} T + \frac{B_0}{2T} \left( \frac{T^2}{2} - \frac{T^2}{8} \right) \right)$$

$$\underline{\underline{q_2 = \frac{S_n}{3L} \left( \frac{B_0 T}{4} + \frac{3 B_0 T}{16} \right)}}$$

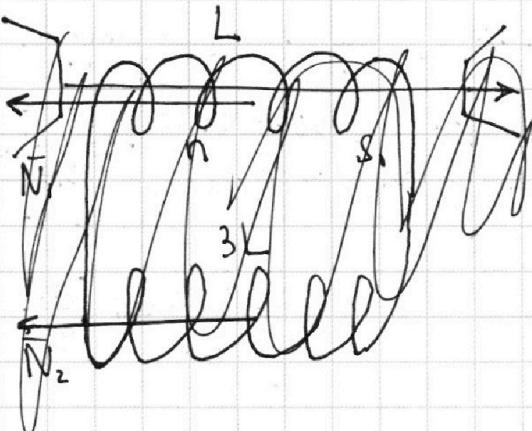
$$q = q_1 + q_2 = \left( \frac{1}{16} + \frac{1}{16} \right) \frac{S_n B_0 T}{4L} \Rightarrow \boxed{q = \frac{S_n B_0 T}{2L}}$$

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

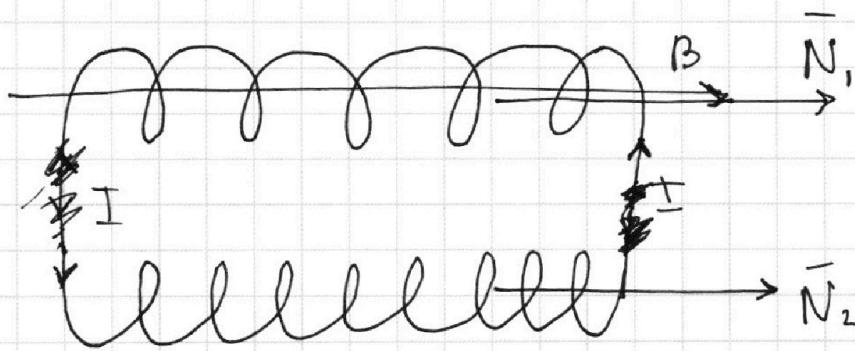


№4 №4.

1) Выберем произвольное напр. тона.  $\bar{N}_1$  и  $\bar{N}_2$  нормали. Выберем обход по тону:

$$\Phi_1 = BS \cdot n + IL \quad \epsilon_1 = -BSn - \dot{I}L$$

$$\Phi_2 = I \cdot 2L \Rightarrow \epsilon_2 = -\dot{I} \cdot 2L$$



2. а. Запишем обход:

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 = \cancel{\dot{I}e} \rightarrow 0 - \text{т.к. } R = 0$$

$$-BSn - \dot{I}L - 2\dot{I}L = 0$$

$$\underbrace{3\dot{I}L}_{= -BSn} \Rightarrow 3L \cdot \frac{dI}{dt} = -Sn \frac{dB}{dt}$$

$$3L \int_0^{I_0} dI = -Sn \int_{B_0}^0 dB$$

Отвем:  $I_0 = \frac{BSn}{3L}$

2) Найдем  $I(B)$ :

$$3L \cdot \int_0^{I(B)} dI = -Sn \int_{B_0}^B dB$$

$$3L I(B) = Sn (B_0 - B) \Rightarrow I(B) = \frac{Sn}{3L} (B_0 - B)$$

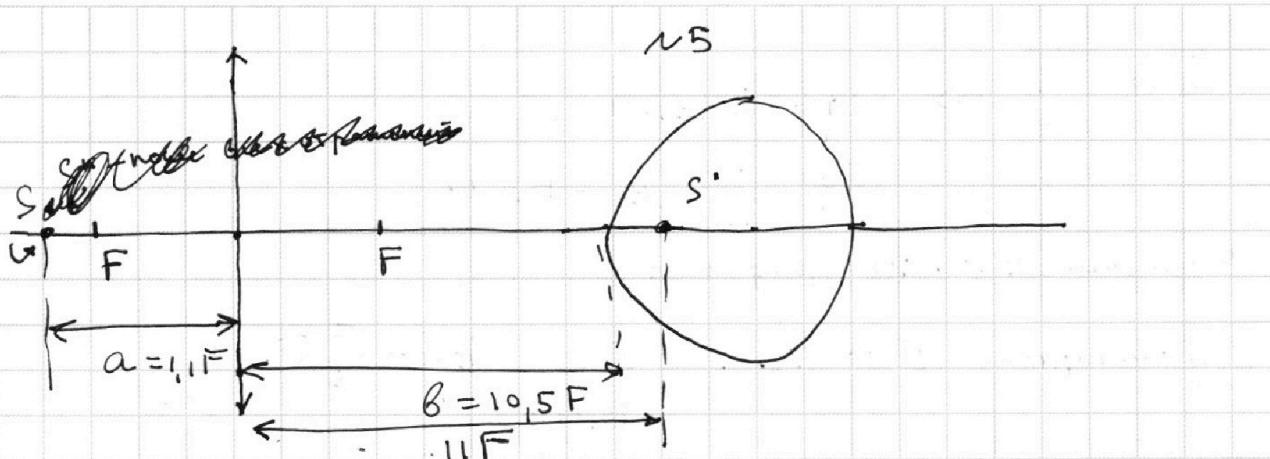


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

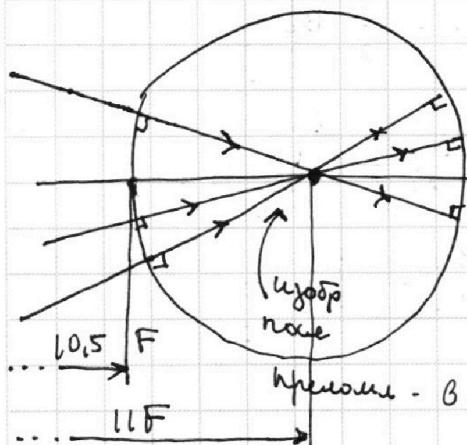
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!



Дз Запишите ур-е тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{F} \Rightarrow a' = \frac{aF}{a-F} = 11F - \text{расст. от линзы до изобр. (после однократного преломления в изобр.).}$$



1) Если расст. от линзы до конечного изобр. не меняется, то изобр. S' после преломления в изобр. должно находиться в центре шара.

Н.к. изобр. насе

не сущ. в изобр.

Если луч падает перпендикулярно, то он не преломляется.

Далее, если изобр. в центре шара, то вспомогательный луч отразится перпендикулярно зеркалу и пойдет по траектории из шара в изобр., что и произошло. По принципу обратимости лучей изображение совпадет с источником. Отсюда:

$$R = 2HE$$

$$R = B - a' = 11F - 10,5F = 1$$

Ответ:

$$R = 0,5F$$

2) Можно представить, что после преломления в изобр. получается источник на расст  $a' = 11F$  от изобр. и на ~~расст.~~ расст.  $\ell = B + \Delta - a' = 5F$  от ближней точки изобр.

близней точки изобр.

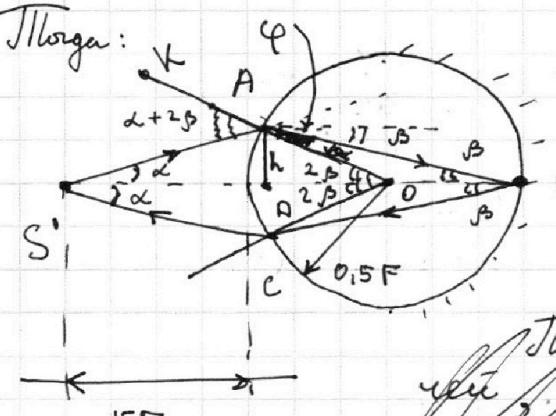
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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!



По принципу обратимости  
лучи после преломления и  
отражение от зеркала должны  
получиться в той же точке  
 $S'$  (чтобы пошее преломление  
составить в источника  $S$ )

По принципу обратимости лу-  
чи, идущие изнутри зеркала  
должны ~~получиться~~ быть первыми в зеркале.

~~При~~ Из симметрии, преломленные лучи должны со-  
бираться в самой дальней точке изображения.

~~При~~  $\angle S'AK = \alpha + 2\beta$  (так как  $\angle ABO = \beta$ , но  $\angle AOD = 2\beta$ )  
 $\angle OAB = \varphi$

по закону синуса:  $\frac{h}{\sin(\alpha + 2\beta)} = n \sin \varphi$   
при малых углах:

$$\beta + \varphi = 2\beta \Rightarrow \varphi = \beta \quad (2)$$

$$\alpha + 2\beta = n \varphi. \quad (1)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{5F + \alpha x} ; \quad \tan 2\beta = \frac{h}{R - \alpha x}$$

При  $x$  малое, то ~~без~~  $\alpha x \ll F$

$$\alpha = \frac{h}{5F}$$

$$\tan \alpha \approx \alpha$$

$$2\beta = \frac{h}{0.5F} \Rightarrow \beta F = 5\alpha F \quad (3)$$

$$\tan 2\beta \approx 2\beta$$

$$(2) \rightarrow (1): \quad \alpha + 2\beta = n\beta \Rightarrow \alpha \approx \beta = \frac{\alpha}{2-n} \quad (4)$$

$$(4) \rightarrow (3): \quad \frac{\alpha}{2-n} = 5\alpha \Rightarrow 1 = 10 - 5n$$

Ответ:  $n = \frac{9}{5}$

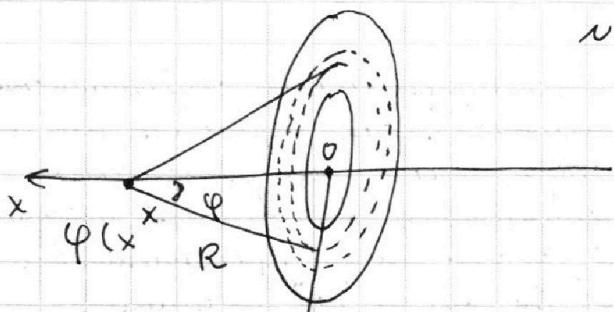


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input 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!

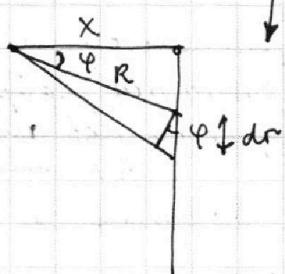


№ 3.

$$d\varphi = \frac{k dq}{R^2} \cos \varphi$$

$$dq = \sigma \cdot dS$$

$$dS = 2\pi r d\varphi$$



$$R d\varphi = dr \cos \varphi$$

$$r = R \sin \varphi$$

$$dq = \sigma \cdot 2\pi \cdot R^2 \sin \varphi \frac{R}{\cos \varphi} d\varphi$$

$$d\varphi = \frac{k}{R^2} \cdot \sigma \cdot 2\pi R^2 + \operatorname{tg} \varphi \cdot d\varphi$$

$$\int_0^\varphi d\varphi = \frac{\sigma}{2\pi k}$$

$$\int_0^\varphi \operatorname{tg} \varphi \cdot d\varphi = (\cos \varphi = t) = (-\sin \varphi \cdot d\varphi = dt) =$$

$$dE = \frac{k dq}{R^2} \cos \varphi$$

$$dq = \sigma \cdot 2\pi R \sin \varphi \cdot R \frac{d\varphi}{\cos \varphi}$$

$$dE = \frac{k}{\sigma \cdot 2\pi} \cdot d\varphi$$

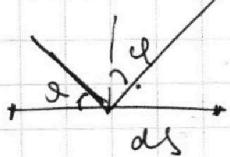
$$E_n =$$

$$JL_1 = (1 - \cos \alpha_1) \cdot 2\pi$$

$$dE = \frac{k dS G}{R^2} \cos \varphi$$

$$dE = k \sigma \cdot dS \varphi$$

$$JL_2 = J_1 = (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \cdot 2\pi$$



$$dE = \frac{\sigma}{4\pi G} \cdot dS \varphi$$

$$JL = \frac{x}{\sqrt{r_1^2 + x^2}} - \frac{x}{\sqrt{r_2^2 + x^2}}$$