



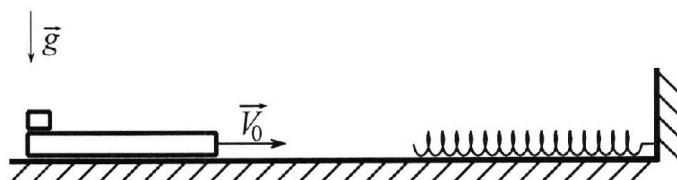
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 11-01**



*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  $V_0 = 2$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости  $k = 27$  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.

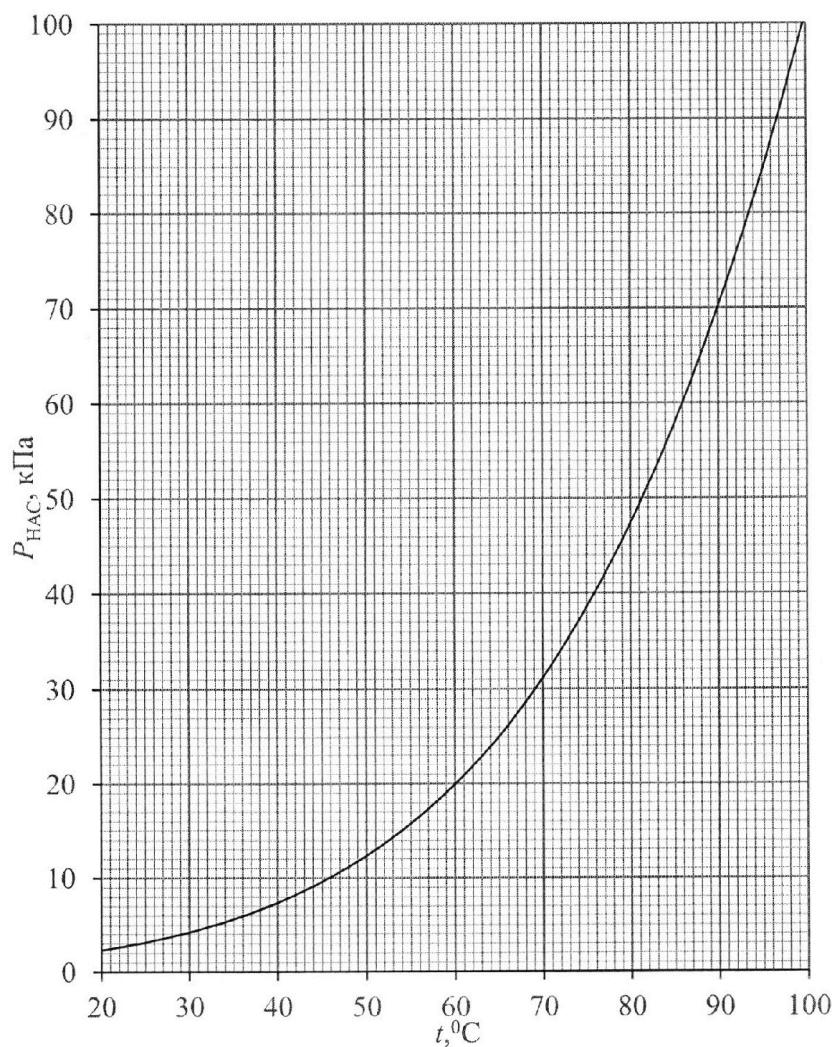


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

- 2.** В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 150$  кПа, температуре  $t_0 = 86$  °С и относительной влажности  $\varphi_0 = 2/3$  (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 46$  °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 86 °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.





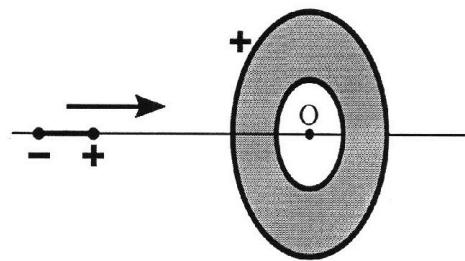
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



## Вариант 11-01

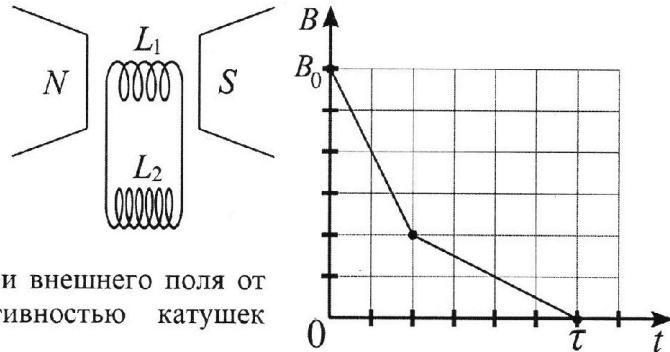
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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  $2V_0$ .



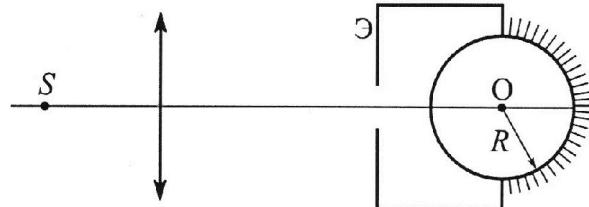
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $L_2 = 4L$  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  $a = 1,5F$  (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  $b = 8F/3$ , 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  $\Delta = 2F$ , 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. Отмьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

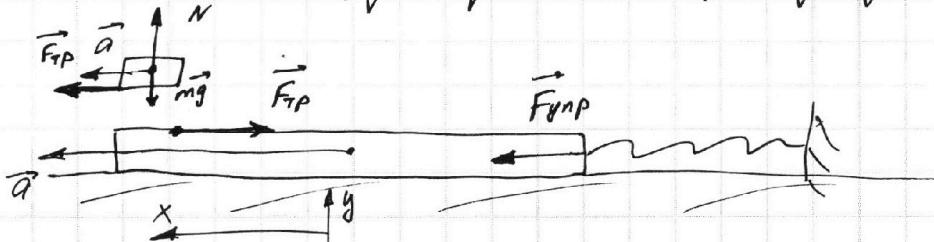
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

необходимые для решения

Рассмотрим силы, действующие на брускок и доску.



Брускок нарисован отдельно от доски, чтобы было удобнее показывать силы.

Если бы не было силы трения, то брускок бы по инерции поехал вправо, но тормозящая сила трение, на него действующая направлена влево. Но из з-за Ньютона на доску действует сила трения равная по модулю и противоположная по направлению.

1) Когда относительного движения бруска и доски нет, ~~тогда~~ у них одинаковое ускорение.

Запишем 2-ой з-за Ньютона:

$$\begin{aligned} \text{Для бруска: } x: & F_{fP} = ma \\ y: & N = mg \\ F_{fP} & \leq \mu N \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \Rightarrow ma \leq \mu mg \\ a \leq \mu g \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned} \text{Для доски: } x: & F_{yp} - F_{fP} = Ma \\ F_{yp} & = kx \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \Rightarrow kx - \mu mg = Ma \\ a = \frac{kx - \mu mg}{M} \end{array} \right\}$$

$$\text{Т.е. } \frac{kx - \mu mg}{M} \leq \mu g$$

$$kx \leq \mu (M+m)g$$

$$x \leq \frac{\mu}{k} (M+m)g. \quad \text{Согласие пружины нарушается, когда}$$

$$x = \frac{\mu}{k} (M+m)g$$



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 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!

$$x = \frac{0,3}{27} \cdot 3 \cdot 10 = \frac{1}{3} \text{ м} \approx 0,33 \text{ м}; \text{ Ответ: } x = \frac{1}{3} \text{ м.}$$

2) Скорость бруска и доски  $v$  в момент, когда началось относительное движение найдем из т. об ини. кинематической задачи.

$$\frac{(m+M)v_0^2}{\alpha^2} - \frac{(m+M)v^2}{\alpha^2} = \frac{kx^2}{\alpha^2}; v^2 = v_0^2 - \frac{kx^2}{M+m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{kx^2}{M+m}}$$

$$v = \sqrt{\alpha^2 - \frac{2x^2}{g \cdot 3}} = \sqrt{3} \frac{m}{s}$$

3-и Ищем тангенциальную формулу:

$$\int F(t) dt = (M+m)(v_0 - v) - движ бруска в исходе с доской$$

$$\text{но } F = (M+m)a$$

$$\text{Тогда } \int a dt = v_0 - v; (M+m)a = kx \Rightarrow a = \frac{kx}{M+m}$$

$$\text{T.e. } \int \frac{kx(t)}{M+m} dt = v_0 - v \text{ или } \int kx(t) dt = (M+m)(v_0 - v)$$

$$\int x(t) dt = \frac{M+m}{k} (v_0 - v)$$

$$\int x(t) dt = \frac{1}{g} (2 - \sqrt{3})$$



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  
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!

1) Из графика зависимости давления насыщенного пара от температуры видно, что при  $86^{\circ}\text{C}$  давление насыщенного пара  $P_{\text{H}_2} = 60 \text{ кПа}$ .

В цилиндре относительная влажность  $\varphi_0 = \frac{2}{3}$ . Но  $\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{H}_2}}$ , т.е. получается, что  $P_1 = \frac{2}{3} P_{\text{H}_2}$ .  $P_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$

Ответ: 40 кПа

2) Температура в сосуде постепенно уменьшается, а значит давление насыщенного пара также уменьшается. Изначально в сосуде пар ненасыщенный (т.к. его влажность  $< 1$ ), т.е. при уменьшении температуры в сосуде пар близится к насыщению. Конденсация настает, когда парциальное давление пара станет равным давлению насыщенного пара при данной температуре. Из графика следует, что давление насыщенного пара равно 40 кПа при  $t^* = 76^{\circ}\text{C}$ .

Ответ: конденсация настает при  $t^* = 76^{\circ}\text{C}$

3) При охлаждении содержимого сосуда ниже  $76^{\circ}\text{C}$  пар остается насыщенным, поэтому его давление при  $t = 46^{\circ}\text{C}$   $P_2 = 10 \text{ кПа}$  (из графика).

Сухой воздух ведет себя как идеальный газ, поэтому применим для него уравнение Менделеева-Клапейрона.

$P_{\text{B1}}V_0 = P_{\text{B1}}RT_0$ , где  $P_{\text{B1}}$  – парциальное давление сухого воздуха при  $t_0$   
 $V_0$  – кол-во сухого воздуха

$$T_0 = t_0 + 273 = 359 \text{ К}$$

$\& P_{\text{B2}}V = P_{\text{B2}}RT$ ,  $P_{\text{B2}}$  – парциальное давление сухого воздуха при  $t$   
 $T = t + 273 = 319 \text{ К}$

Поделим данные уравнения:  $\frac{P_{\text{B1}}V_0}{P_{\text{B2}}V} = \frac{T_0}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{P_{\text{B1}}T}{P_{\text{B2}}T_0}$  (1)

Теперь рассмотрим сосуд:



На горшечек действуют сила тяжести, сила атмосферы, давление и сила давления влаг. воздуха.

Поскольку процесс в сосуде происходит медленно (квазистатический), то применим I 3-й закон Г



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!

$$\sum F_i = 0$$

$$Og: pS = P_{\text{атм}}S + mg$$

$$p = P_{\text{атм}} + \frac{mg}{S}$$

правая часть др-ие const, а значит и давление в сосуде тоже const.

$$\text{Тогда } p_1 + p_{B1} = p_0 \quad (\text{з-и Радиониц})$$

$$p_2 + p_{B2} = p_0$$

$$\text{т.е. } p_{B1} = p_0 - p_1; \quad p_{B2} = p_0 - p_2$$

Подставив в (1):

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1) \cdot T_1}{(p_0 - p_2) \cdot T_0}; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{110 \cdot 10^3}{140 \cdot 10^3} \cdot \frac{319}{359} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

$$\text{Ответ: } \frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$$



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.

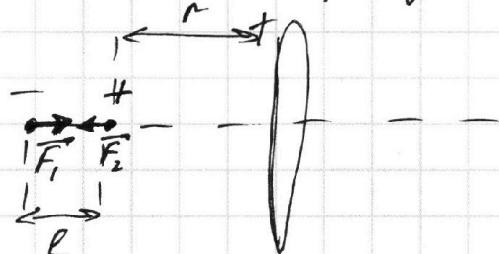
- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------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

Рассмотрим случай, когда скорость диполя равна  $v_0$ .

Диполь, движущийся к диску, преодолевает силу электрического поля диска (она направлена влево т.к. полюс заряда расположается к диску ближе, чем ограничительный сегмент.)



$$F_1 = k \frac{q}{(r+l)^2} - \text{сила действ. на ограничительный заряд}$$

$r$  и  $l$  на рисунке

$$F_2 = k \frac{q}{r^2} - \text{сила на полюс. заряд}$$

$$\sum |F| = F_2 - F_1 = kq \left( \frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+l)^2} \right)$$

близже о

Суммарная сила влево

По т. об изм. кинетической энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + A, \quad m - \text{масса диполя}$$

$v$  - скорость в центре диска

$A$  - работа против силы поле диска.

Когда диполь проходит через центр диска и будет двигаться вправо, суммарная сила эл. поля диска, действ. на диполь, будет направлена влево, (т.к. ограничительный заряд ближе к диску чем полюс.) Т.е. диполь будет приближаться к диску, поэтому следующие стадии, работа, совершающая против силы эл. поля диска будет та же, т.е.:

$\frac{mv^2}{2} = A$ . Т.е. это представит случай, когда на диполе не действует сила поля диска.

$$\text{Потому } \frac{mv_0^2}{2} = 2A$$

1) Тогда для случая, когда скорость начальная равна  $2v_0$  сила диполя равна  $\frac{mv_0^2}{2}$  т. об изм. кин. энергии.

$$\frac{mv_0^2}{2} = m$$



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  
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!

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + A, v - \text{скорость при прохождении через центр диска}$$

$$2mv_0^2 = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_0^2}{4}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{7v_0^2}{4}$$

$$v = \sqrt{\frac{7}{2}} v_0; v = \frac{\sqrt{14}}{2} v_0; \underline{\text{Ответ: }} v = \frac{\sqrt{14}}{2} v_0$$

2) Минимальная скорость диполя будет на бесконечности, а макс  $2v_0$   
и

Тогда:

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + 2A$$

$$2mv_0^2 = \frac{mu^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$3v_0^2 = u^2$$

$$u = \sqrt{3} v_0$$

Тогда разность макс. и мин. скоростей  $\Delta v = 2v_0 - u$

$$\Delta v = \sqrt{2v_0^2 - 3v_0^2}$$

$$\Delta v = (2 - \sqrt{3}) v_0$$

$$\underline{\text{Ответ: }} (2 - \sqrt{3}) v_0$$



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 7СТРАНИЦА  
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!

1) При изменении внешнего магнитного поля в области первой катушки в катушке  $L_1$  возникает ЭДС индукции  $\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}$

$$\dot{\Phi} = B S \cos \alpha = B S, \quad B - \text{внешнее магнитное поле}$$

$S$  - площадь всех катушек

$$S = S_1 \cdot n$$

$$\text{т.е. } \mathcal{E}_i = -(BS, n)$$

$$\mathcal{E}_i = -S, n \cdot \dot{B}$$

Однако при этом в катушке возникает индукционный ток, изменяющийся с течением времени, поэтому в катушках (обеих) возникает ЭДС самоиндукции.

$$\mathcal{E}_{is1} = -L_1 \dot{i} = -L \dot{i} - \text{ЭДС самоиндукции для 1-ой катушки}$$

$$\mathcal{E}_{is2} = -L_2 \dot{i} = -4L \dot{i} - \text{для 2-ой катушки}$$

(ток в катушках одинаковый, т.к. соединение последовательное)

~~Получается такая схема замкнутого контура.~~

Падение напряжения в контуре нет, поэтому сумма ЭДС равна нулю. (по II з-ну Кирхгофа)

$$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{is1} + \mathcal{E}_{is2} = 0$$

$$-S, n \cdot \dot{B} - L \dot{i} - 4L \dot{i} = 0$$

$$S, n \cdot \dot{B} + 5L \dot{i} = 0$$

$$(S, n) + (5L \dot{i}) = 0$$

$$(S, n + 5L \dot{i}) = 0$$

$$S, n + 5L \dot{i} = \text{const}$$

В начале тока в катушке не было, а внешнее поле было  $B_0$ , поэтому

$$S, n + 5L \dot{i} = B_0 S, n \quad (1)$$



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 7СТРАНИЦА  
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!

В конце вики в нем пись  $B=0$ , т.к. %

$$\text{Тогда: } 0 + 5L \cdot I_0 = B_0 S_{,n} \quad (\text{no 4})$$

$$\underline{\text{Отвр:}} \quad I_0 = \frac{B_0 S_{,n}}{5L}$$

2) Прин преобразуем (1):

$$5L \cdot I = B_0 S_{,n} - BS_{,n}$$

Обе части ур-ия интегрируем по времени

$$\int_0^T 5L \cdot I dt = \int_0^T B_0 S_{,n} dt - \int_0^T BS_{,n} dt$$

$\int I dt = q$  — заряд проекции по катушке (заряд проекции по 1-ой катушке, такой же как и по 2-ой, т.к. соединение последовательное)

$$5L \cdot q = B_0 S_{,n} T - S_{,n} \left( \int_0^T B dt \right)$$

Из графика следует, что

$$\int_0^T B dt = S_A + S_B + S_C \quad (\text{см. рис.})$$

$$S_A = S_C = \frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{1}{3} T = \frac{2}{9} B_0 T$$

$$S_B = \frac{1}{3} B_0 \cdot \frac{1}{3} T = \frac{1}{9} B_0 T$$

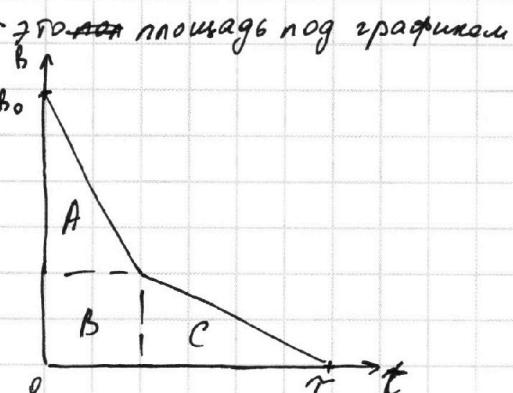
$$S_A + S_B + S_C = \frac{1}{3} B_0 T$$

Тогда:

$$5L q = B_0 S_{,n} T - \frac{1}{3} B_0 S_{,n} T$$

$$5L q = \frac{2}{3} B_0 S_{,n} T$$

$$q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S_{,n} T}{L}$$



$$\underline{\text{Отвр:}} \quad q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S_{,n} T}{L}$$



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 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!

После преломления лучей миной.

По формуле тонкой линзы:

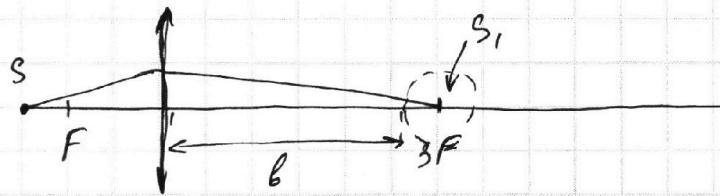
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F}$$

$$f = \frac{aF}{a-F}$$

$$f = \frac{1,5F^2}{1,5F-F} = 3F$$

1) Когда расстояние от центра линзы до ближайшей точки изображения  $b = \frac{6F}{3}$ , то изображение совпадает с источником при любом  $n$ -положении преломления, а это значит, что источник находился в центре шара.

Здесь <sup>под</sup> источником следует понимать изображение источника после преломления миной. ( $S_1$ , на рис.)

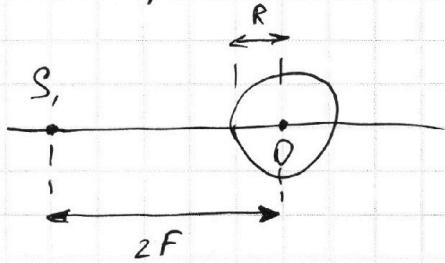


Видно из чертежа, что

$$R = 3F - b = 3F - \frac{8}{3}F = F/3$$

Отсюда:  $R = \frac{F}{3}$

2) Значит центр шара находится на расстоянии  $3F$  от миной и его смещают вправо на  $2F$ , т.е. теперь уже  $5F$  расстояние от центра миной. Тогда расстояние между источником и центром шара равно  $2F$ .



Далее рассмотрим ход лучей с учетом параксиального приближение.

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  
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!



$S_1$

$\alpha$

$\varphi$

$\beta$

$\gamma$

$\delta$

$\zeta$

$\eta$

$\theta$

$\varphi$

$\beta$

$\gamma$

$\delta$

$\zeta$

$\eta$

$\theta$

Углы  $d, \beta, \varphi$  и  $\delta$  указаны на чертеже.

Видно, что  $\beta = \delta$ . (1)  $\angle_1 \approx \frac{\pi}{2} - d - 2\beta$

Т.к.  $d$  малый, то  $\angle_1 \approx \frac{\pi}{2} - 2\beta$  (2)значит  $\varphi = \frac{\pi}{2} - (\frac{\pi}{2} - 2\beta) = d/2$   
 $\varphi = \frac{\pi}{2} - (\frac{\pi}{2} - d - 2\beta) = d + 2\beta/2$

Для преломленного луча  $z$ -и сплюснуто:

$\sin \varphi = n \sin \delta$ , т.е.  $\varphi = n\delta$ ; ~~если  $n=1$  и  $\delta$~~ :  $d = n\beta$  (\*)

Из  $\triangle S_1 BC$ :

$$S_1 C \cdot d = BC, \text{ где } S_1 C = d F - \frac{F}{3} = \frac{5}{3}d$$

$$\frac{5}{3}d F \cdot d = BC \quad (3)$$

Из  $\triangle BCD$ :

$$CD \cdot \beta = BC, \text{ где } CD = 2R \quad (\text{угол } \beta \text{- малый})$$

$$2R \cdot \beta = BC \quad (4)$$

$$(3) = (4) \Rightarrow \frac{5}{3}d F \cdot d = 2R \beta, \text{ неправильно (x)}$$

$$F n \beta = R \beta \quad \frac{5}{3}d F \cdot d = \frac{2}{3}F \beta \Rightarrow \beta = \frac{5}{2}d$$

$$n = \frac{R}{F} \quad \text{откуда } \varphi = 6d \quad (\text{неправильно } \beta \theta/2)$$

$$\text{Но тогда (т.к. } \varphi = n\delta \text{): } 6d = n\beta$$

$$6d = n \frac{5}{2}d \Rightarrow n = \frac{12}{5} = 2,4$$

Ответ:  $n = 2,4$

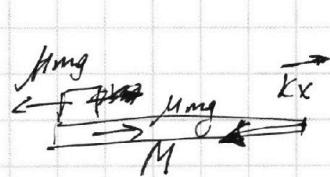


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$kx - \mu mg = Ma \Rightarrow a = \frac{kx - \mu mg}{M}$$

$$\mu mg = ma \quad \checkmark$$

$$F = kx = (M+m)a$$

$$adt$$

$$\frac{kx}{M+m} dt =$$

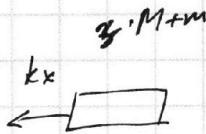
$$\mu Mg = kx - \mu mg$$

$$\boxed{\qquad}$$

$$adt$$

$$adt$$

$$x = \frac{\mu(M+m)g}{k} = \frac{9.8 \cdot 3 \cdot 10}{27} = \frac{9}{27} = \frac{1}{3} \approx 0.333$$



$$F(t)t = (m+r) \Delta v \quad k(v_0 t - \frac{at^2}{2})$$

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{(M+m)v^2}{2}$$

$$\frac{(M+m)}{2} (v_0^2 - v^2) = \frac{kx^2}{2} \quad (M+m)a = kx$$

$$kx(t)$$

$$x(t)v_0 t - \frac{kx(t) \cdot t^2}{M+m} \cdot \frac{2}{2}$$

$$v^2 = \cancel{v_0^2} - \frac{kx^2}{M+m}$$

$$x(t) = \frac{v_0 t}{1 - \frac{kx^2}{M+m}}$$

$$v^2 = 4 - \frac{27}{9 \cdot 3} = 3 \frac{m^2}{s^2}$$

$$v = \sqrt{5} \frac{m}{s}$$

$$\int kx dt = k \int x dt = \cancel{kx^2}$$

$$x =$$

$$v = v_0 - \int a(t) dt$$

$$x = x_0 + vt + \frac{at^2}{2}$$

$$x = v_0 t - \frac{kx}{M+m} \frac{t^2}{2}$$

$$\int F(t) dt = \int kx dt = k \int (v_0 t - \frac{kx}{M+m} \frac{t^2}{2}) dt$$

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!

$$86^\circ\text{C} \quad P_1 = 60 \text{ kPa}$$

$$P_1 = 40 \text{ kPa}$$

$$46^\circ\text{C} \quad P_0 = 10 \text{ kPa}$$

$$76^\circ\text{C}$$

$$P_0 V_0 = P_1 R T_0 (V_B + V_B) R T_0 \Rightarrow$$

$$P_B V = V_B R T$$

$$P_B = P_0 - P_{46}$$

$$(P_0 - P_1) V_0 = V_B R T_0$$

$$(P_0 - P_{46}) V = V_B R T$$

$$+ \frac{3130}{319} = \frac{319}{5509}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0 - P_{46}}{P_0 - P_1} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{140 \cdot 10^3}{140 \cdot 10^5} \cdot \frac{319}{359}$$

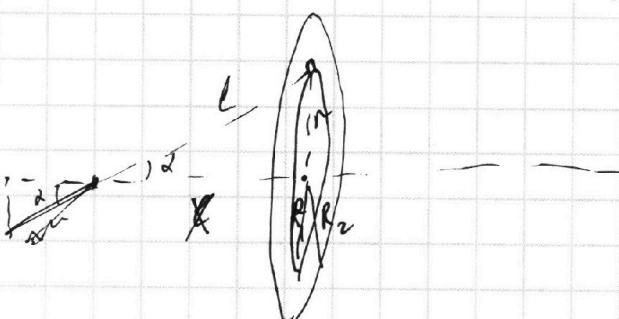
$$\begin{array}{r} \times \frac{359}{14} \\ + \frac{1436}{14} \\ \hline 5026 \end{array}$$

$$\frac{m v^2}{2} = 2A + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{14 \cdot 29}{359} = \frac{406}{359}$$

$$290 + 116 =$$

$$k \frac{q}{l^2} \cos \alpha = \frac{kq}{r^2 + x^2}$$



$$\frac{m v_0^2}{2} = \cancel{\lambda q} \cancel{\rho} \cancel{\frac{l}{2}} \cancel{A}$$

$$\frac{2m \cdot 4v_0^2}{2} = A + \frac{mu^2}{2}$$

$$U^2 = \frac{q}{2} V_0^2 \frac{u^2}{2} = \frac{q}{4} V_0^2 \quad U = \sqrt{\frac{q}{2}} V_0 = \frac{\sqrt{14} V_0}{2} \frac{mu^2}{2} = 2m V_0^2 - \frac{mu^2}{4}$$



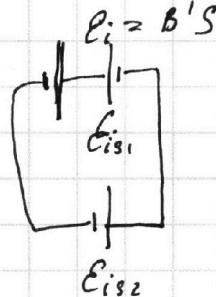
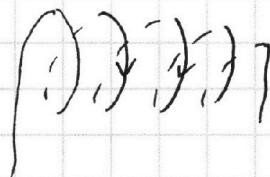
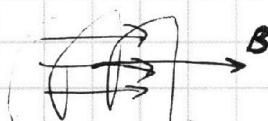
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

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

$$E_i = (BS)' = B'S$$



$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$B'S = 5L y'$$

$$B'S - 5L y' = 0$$

$$(BS - 5Ly)' = 0$$

$$BS - 5Ly = \text{const}$$

$$BS - 5Ly = B_0 S_1 n$$

$$0 - 5Ly = B_0 S_1 n$$

$$y_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}$$

$$E_i = -B'S$$

$$E_{is} = -Ly'$$

$$5Ly = (B_0 - B) S_1 n$$

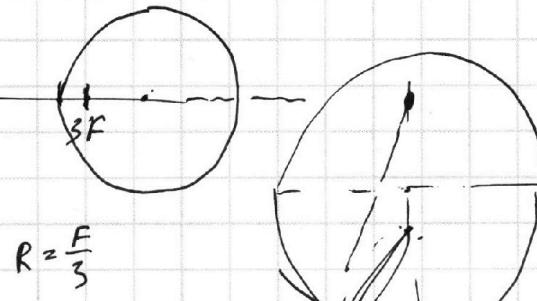
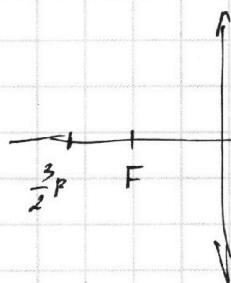
$$5Ly = B_0 S_1 n - S_1 n \int B dt$$

$$\int F dt = (M+m) \Delta v$$

$$x = \int v dt$$

$$v = (v_0 - at) dt$$

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$



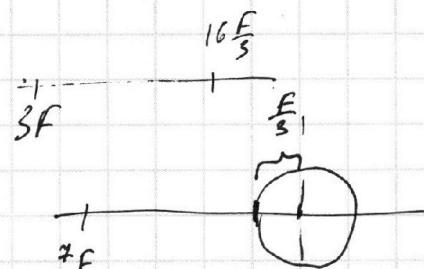
$$R = \frac{F}{3}$$

$$k(M+m)a = kx$$

$$a = \frac{kx}{M+m}$$

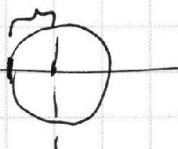
$$x = v_0 t - \int a(t) dt$$

$$x = v_0 t - \frac{k}{M+m} \int x(t) dt$$



$$F(t)$$

$$k \int x(t) dt = m \Delta v$$





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!

