



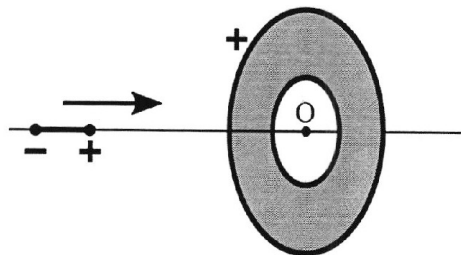
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

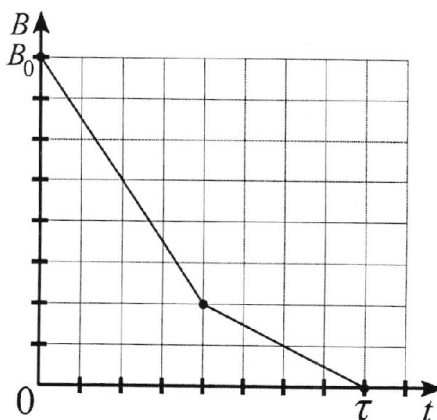
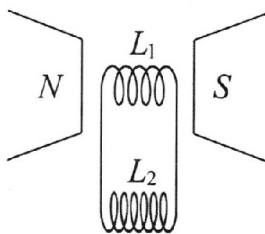


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 $\frac{3}{2}V_0$.



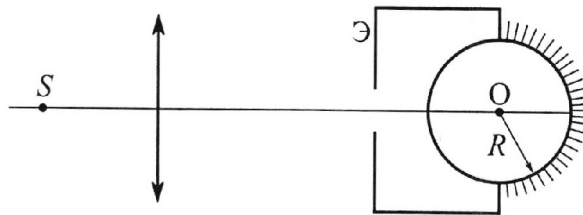
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 τ . 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 , удаленный 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 α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



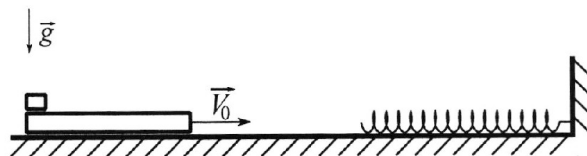
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



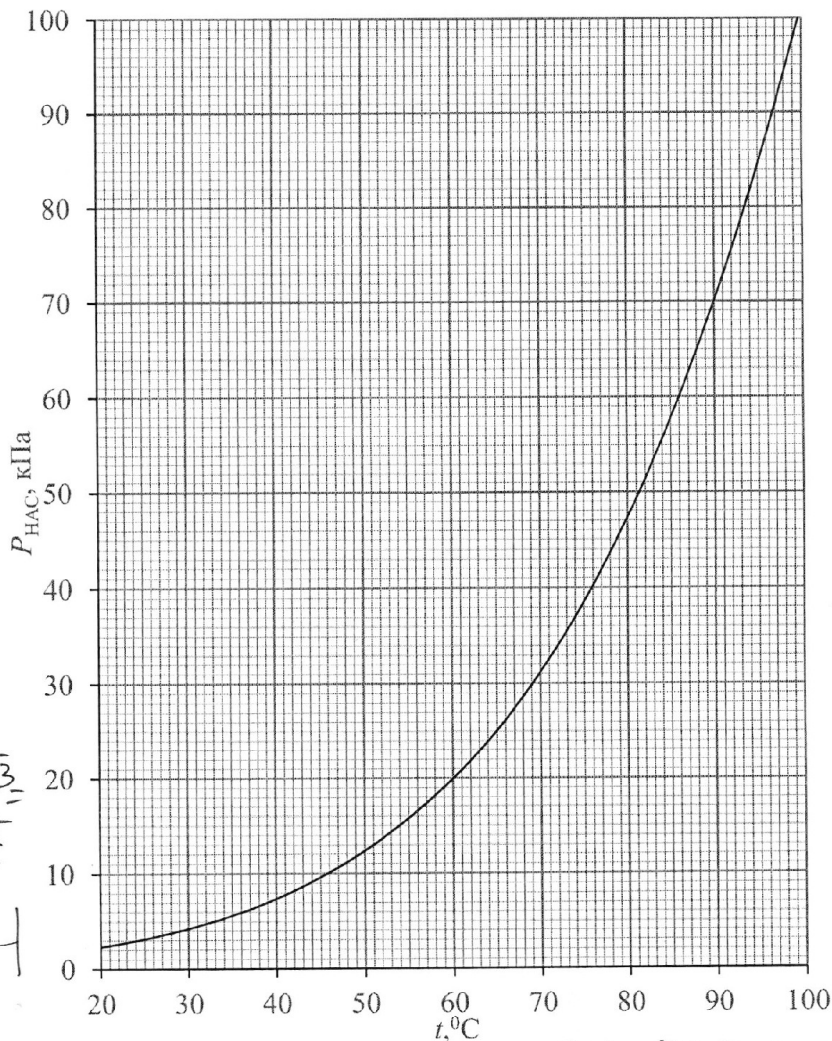
1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ 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/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.



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

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

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



$$X = \frac{\sqrt{3}}{36} = \frac{1}{12} \quad \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

$$\frac{3}{12} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{3}{36} = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{36} + 2 \cdot \frac{1}{4} =$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{16} = \frac{1}{24} = \frac{1}{6 \cdot 4} = \frac{1}{2 \cdot 6}$$

$$\frac{\sqrt{6}}{24 \cdot 12}$$

$$270 = 2 \cdot 185 = 40.37$$

$$306 = 102 \cdot 3 = 51.6$$

$$\frac{3 \cdot 51.6}{4 \cdot 370} = \frac{9.57 \cdot 8}{520 \cdot 4 \cdot 37}$$



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
1 из 3

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

Задача 1.

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$V_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\pi \approx 3$$

Решение:

1) Относительное движение начнется, когда ускорение доски станет больше, чем максимальное ускорение, которое может сообщить сила трения покоя $F_{\text{тр}}$ брусу. Пусть Δl - сжатие пружины в этот момент времени. $F_{\text{упр}}$ - сила упругости, с которой пружина действует на доску.

N_2, N_1 - силы реакций опоры, действующие на доску и брусок соответственно.

II закон Ньютона для доски и бруска:

$$-N_1 + Mg + N_2 + F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} = MA$$

$$N_1 + mg + F_{\text{тр}} = ma$$

В проекции на ось x и y :

$$N_1 = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$\begin{cases} -F_{\text{упр}} + F_{\text{тр}} = -MA \\ -F_{\text{тр}} = -ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} -k\Delta l + \mu mg = -MA \\ -\mu mg = -ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} -k\Delta l + \mu mg = -MA \\ -\mu mg = -ma \end{cases} \quad F_{\text{тр}} = \mu mg - \text{максимальная сила трения покоя}$$

$A > a$ (условие относительного движения)

$$\frac{k\Delta l - \mu mg}{M} > \mu g$$

$$k\Delta l > \mu Mg + \mu mg$$

$$\Delta l > \frac{\mu g(M+m)}{k}$$

$$\text{искомое } \Delta l_1 = \frac{\mu g(M+m)}{k} = \frac{3 \cdot 3}{36} \text{ м} = \frac{1}{12} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$

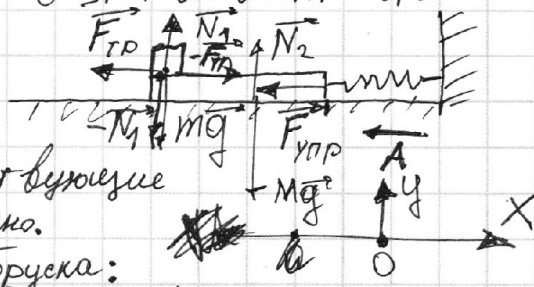
х теорему о движении центра масс

2) С момента сжатия пружины до момента начала относительного движения доска и брусок движутся как единое целое, значит можно записать для них ~~III~~ ~~закон~~. В проекции на ось x , считая x -их координатой (тела можно считать материальными точками), соответственно x -также Δl сжатия пружины.

$$(m+M)\ddot{X} = -kx, \quad \ddot{X} + \frac{k}{m+m}x = 0$$

масса системы

это уравнение гармонических





1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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

Колебаний с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} \text{ с}^{-1} = \frac{6}{\sqrt{3}} \text{ Гц} = \frac{2\sqrt{3}\pi}{\sqrt{3}} \text{ Гц} = 2\sqrt{3} \text{ Гц}$

Пусть V_1 - скорость бруска и доски в момент начала относительного движения, тогда по ЗСЭ (сила трения покоя не совершает работы): $\frac{M+m}{2} V_0^2 = \frac{M+m}{2} V_1^2 + \frac{k \Delta l_1^2}{2}$

Представим точку, которая движется по окружности с радиусом A и угловой скоростью ω .

$$1,5 \text{ Дж} = \frac{M+m}{2} V_1^2 + 18 \cdot \frac{1}{16} \text{ Дж}$$

$$\frac{M+m}{2} V_1^2 = (1,5 - 1,125) \text{ Дж}$$

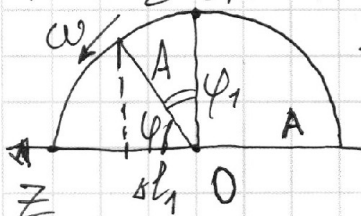
$$V_1^2 = \frac{0,375 \cdot 2}{3} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 0,25 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

Если бы брусок был закреплён на доске, то в момент максимального сжатия:

$$\frac{m+M}{2} V_0^2 = \frac{k A^2}{2}$$

$$A = V_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ м}$$

когда брусок до начала относительного движения координата Z этой точки равна координате x конца пружины.



$$\sin \varphi_1 = \frac{\Delta l_1}{A} = \frac{1}{4} \cdot 2\sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\pi}{3}$$

угол $\frac{\pi}{3}$ виртуальная точка пройдёт за время $t_1 = \frac{\pi/3}{\omega} = \frac{\pi/3}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ с}$

3) В момент максимального сжатия пружины $\frac{1}{2}$ брусок начнёт тормозить и действовать на доску с силой $F_{\text{тр}} = \mu mg$

От момента начала сжатия пружины брусок действует на доску с постоянной силой.

Это можно представить как движение в постоянном поле силы μmg

положение равновесия имеет координату $x_1 = \frac{\mu mg}{k}$
 Тогда из ЗСЭ: $\frac{k(\Delta l_1 - x_1)^2}{2} + \frac{M V_1^2}{2} = \frac{k(\Delta l_2 - x_1)^2}{2}$
 $\frac{1}{2} \text{ Дж} + \frac{1}{4} \text{ Дж} = 18 \frac{\Delta l_2^2}{2} - \frac{1}{24}$
 $\Delta l_2 = \frac{1}{2\sqrt{6}} \text{ м}$
 $\Delta l_2 = \frac{12}{2\sqrt{6}} + \frac{1}{24} \text{ м} = \frac{12\sqrt{6} + 1}{24} \text{ м}$

Ответ: $\frac{12\sqrt{6} + 1}{24} \text{ м}$



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
3 из 3

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

На доску в момент максимального сжатия действуют 2 силы: μmg и $k\Delta l_2$:

$$\Delta l_2 = \frac{\sqrt{6} + 1}{12} \text{ м}$$

$$\vec{F}_{\text{упр}} \uparrow \quad \downarrow - \vec{F}_{\text{г}} =$$

по II з. Н:

$$a^* = \frac{\mu mg + k\Delta l_2}{M} =$$

$$= \frac{-3 + 3\sqrt{6} + 3}{2} \text{ м/с}^2 =$$

$$= 3\sqrt{\frac{3}{2}} \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) 0,25 м
2) $\frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ с}$
3) $3\sqrt{\frac{3}{2}} \text{ м/с}^2$



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

1 2 3 4 5 6 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!

Задача 2

Дано:

$$P_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 97^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = 1/3$$

$$t = 33^\circ \text{C}$$

Решение:

$$1) P_0 = P_{\text{воздуха}1} + P_1 \text{ (закон Дальтона)}$$

$P_{\text{воздуха}1}$ - давление сухого воздуха в цилиндре при $t_0 = 97^\circ \text{C}$

$$\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нас}1}} \Rightarrow P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нас}1}$$

$P_{\text{нас}1}$ - давление насыщенных паров воды при $t_0 = 97^\circ \text{C}$
 $T^* = t^* + 273 \text{ K}$

$$P_{\text{нас}1} = 90 \text{ кПа (из графика)}$$

$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot P_{\text{нас}1} = 30 \text{ кПа}$$

2) M масса поршня $M = \text{const}$ и площадь поршня $S = \text{const}$, значит в каждый момент времени $P_0 = P_2$ он оказывает на газ одну и ту же давление, т.е.

давление под поршнем всегда равно P_0 .
 $P_{\text{воздуха}2}$ и P_2 - давление воздуха и водяных паров в тот момент, когда они начнут конденсироваться, значит $P_2 = P_{\text{нас}2}$ - давление насыщенных паров при t^* .

$$P_0 = P_2 + P_{\text{воздуха}2}$$

$$P_0 = P_{\text{нас}2} + P_{\text{воздуха}2}$$

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K} = 370 \text{ K}$$

$$V_2 P_{\text{воздуха}2} = P_{\text{воздуха}1} V_0$$

$$P_{\text{воздуха}2} = P_{\text{воздуха}1} \frac{V_0}{V_2} \frac{T^*}{T_0}$$

3) При температуре $t = 33^\circ \text{C}$: $P_3 = P_{\text{нас}} = 5 \text{ кПа}$ (пар начал конденсироваться при более высокой температуре)

$$P_{\text{воздуха}} + P_3 = P_0$$

$$T = t + 273 \text{ K} = 306 \text{ K}$$

$$P_{\text{воздуха}1} = P_{\text{воздуха}1} \frac{V_0}{T_0} \frac{T}{V} = 100 \text{ кПа}$$

$$P_{\text{воздуха}1} = P_0 - P_1 = 75 \text{ кПа} \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} \frac{T}{V} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{V}{V_0} \frac{T_0}{T} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{3T}{4T_0} = \frac{918}{1480} = \frac{459}{740}$$

Ответ: 1) 30 кПа 3) $\frac{459}{740}$



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
☐

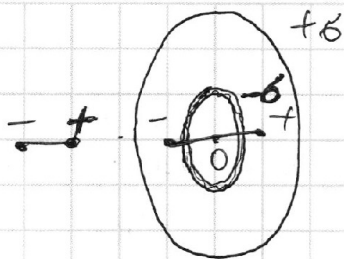
5
☐

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!



При пролёте диола через
центр его ~~то~~ ^{то} потенциальная
энергия его правого конца

равна потенциальной энергии лево-
го конца, т.к. картина будет симметрична
относительно плоскости диска, т.е. если

принять потенциальную энергию на бесконеч-
ности за "0", то по ЗСЭ: $V_1 = \frac{3}{2} V_0$

V_1 - скорость диола
в центре диска

~~$\frac{m \frac{3}{2} V_0^2}{2} + E_0 = m \frac{3}{2} V_1^2$~~

Ответ: 1) $\frac{3}{2} V_0$



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 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

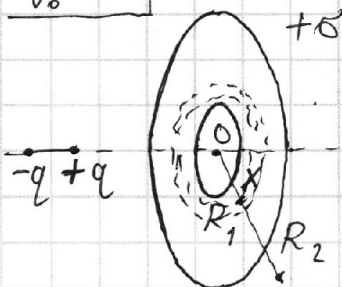
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

Задача 3.

Дано: V_0

Решение:



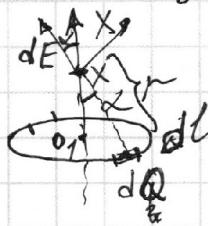
Разобьём диск на большое кол-во тонких колец ~~на рис.~~

Рассмотрим кольцо радиуса x , толщиной dx , его заряд $2\pi x dx \sigma$, тогда суммируя напряжённость от всех колец, получим зависимость $E(y)$ (y - расстояние от O до точки на оси диска)

$$dE = \frac{k 2\pi x dx \sigma y}{(y^2 + x^2)^{3/2}}$$

Пусть $+q$ и $-q$ - заряды концов диска, а $\sigma > 0$ - поверхностная плотность заряда диска, $q > 0$.

1) найдём напряжённость поля в центре тонкого кольца с ~~линейной~~ ^{поверхностной} плотностью σ



Q - заряд кольца
 R - радиус кольца
В силу симметрии $\vec{E}$ будет перпендикулярно плоскости кольца. $E = E_x$

Разобьём кольцо на много частей, поля от которых можно считать полями от точечных зарядов.

$$E = \sum dE = \sum dE_x = \sum \frac{k dQ x}{x^2 + R^2}$$

$$E = \sum \frac{k dQ}{x^2 + R^2} \cdot \cos \alpha = \sum \frac{k dQ x}{x^2 + R^2}$$

$$r^2 = x^2 + R^2$$

$$E = \sum \frac{k}{x^2 + R^2} \cdot \frac{Q dx}{2\pi R} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} =$$

$$= \frac{k Q x}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

Представим диск в виде соотверстия в виде суперпозиции двух дисков с радиусами R_1 и R_2 и поверхностными плотностями зарядов $-\sigma$ и $+\sigma$ соответственно, $\sigma > 0$, $R_1 < R_2$.

Тогда к диску с радиусом R_1 диск q всё время притягивается, а от диска с радиусом R_2 - отталкивается.



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
1 из 3

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

Задача 4.

Дано:

$$\begin{aligned} L_1 &= L \\ S_1, R &= 0 \\ n \\ B_0 \\ L_2 &= 3L \\ \tau \end{aligned}$$

Решение:

1) Зарисуем 2-ое правило Кирхгофа для контура, состоящего из 2-ух катушек при протекании через них тока I .

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = IR, R = 0$$

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0, \quad \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2 - \text{ЭДС индукции в катушках 1 и 2 соответственно}$$

По закону электромагнитной индукции:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0 \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta \Phi_1 + \Delta \Phi_2 = 0 \Rightarrow \Phi_1 + \Phi_2 = \text{const.}$$

Пусть в произвольный момент времени в катушках течёт ток I в направлении как на рисунке.

Выберем вектора нормали $\vec{n}_1$ к поверхности витка 1-ой катушки и $\vec{n}_2$ - второй в направлении как на рисунке.

Φ_1 - магнитный поток через 1-ую катушку, Φ_2 - через вторую

$$\Phi_1 = \underbrace{BS_1}_{\text{внеш}} + \Phi_{\text{собс.1}} = BS_1 n + IL_1$$

$\vec{B}$ - вектор магнитной индукции постоянного магнита в ~~произвольный~~ момент времени, когда I - ток через катушки. $\vec{B} \parallel \vec{B}_0$

$$\Phi_2 = \Phi_{\text{собс.2}} = L_2 I$$

$\Phi_{\text{внеш.1}}$ - поток $\vec{B}$ вектора $\vec{B}$

$\vec{B}_{\text{собс.1}}, \vec{B}_{\text{собс.2}}$ - вектора магнитной индукции в катушках 1 и 2 соответственно, возникающие вследствие протекания по ним тока I . $\Phi_{\text{собс.1}}, \Phi_{\text{собс.2}}$ - потоки векторов $\vec{B}_{\text{собс.1}}$ и $\vec{B}_{\text{собс.2}}$ через катушки.

$$(1) \quad \Phi_1 + \Phi_2 = BS_1 n + IL_1 + IL_2 = BS_1 n + I(L_1 + L_2) = \text{const}$$



1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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

Выражение (1) для момента времени 0 и τ :

$$B_0 S_1 n + 0 \cdot (L_1 + L_2) = 0 \cdot S_1 n + (L_1 + L_2) I_0$$

изначальное тока нет; В уменьшился до 0

$$B_0 S_1 n = I_0 (L_1 + L_2)$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$$

$$2) \begin{cases} S_1 = \text{const}, n = \text{const} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta B_0}{\Delta t} n S_1 + L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{cases}$$

Рассмотрим промежуток времени

$$\frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

от 0 до $\tau/2$: $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \text{const}$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B_0}{\tau/2} = \frac{-3/4 B_0}{1/2 \tau} = -\frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} = \alpha$$

$$\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$$

$$L n S_1 + L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} = 0$$

В промежуток времени от $\tau/2$ до τ :

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \text{const} = \frac{-B_0/4}{\tau/2} =$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} \Rightarrow \dot{I} = \frac{B_0 n S_1}{8L}$$

(от $\tau/2$ до τ)

$$L n S_1 = -(L_1 + L_2) \dot{I}$$

$$\dot{I} = -\frac{L n S_1}{4L} = \frac{3 B_0 n S_1}{8L}$$

(от 0 до $\tau/2$)

Пусть I_1 — сила тока в момент времени $\frac{\tau}{2}$, тогда

рассмотрим время от 0 до $\frac{\tau}{2}$: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{3 B_0 n S_1}{8L}$

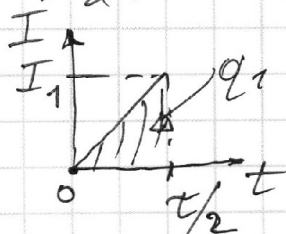
Сила тока равномерно возрастала от

$$I_{\text{до}} = 0 \text{ до } I_1 = \frac{3}{16} \frac{B_0 n S_1}{L}$$

$$\Delta I = \frac{3 B_0 n S_1}{8L} \Delta t$$

суммируем от 0 до $\frac{\tau}{2}$:

$$I_1 = \frac{3}{16} \frac{B_0 n S_1}{L}$$



q_1 — заряд протекший через катушку L_1

за время от 0 до $\frac{\tau}{2}$

$$q_1 = \frac{I_1 \cdot \tau/2}{2} = \frac{I_1 \tau}{4} = \frac{3 B_0 n S_1 \tau}{64 L}$$

Рассмотрим время от $\frac{\tau}{2}$ до τ



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
3 из 3

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

Сила тока уменьшалась от I_1 до I_0 , тогда протёкший заряд равен q_2 & через катушку L_1 .

$$q_2 = \frac{I_1 + I_0}{2} \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{\frac{3}{16} + \frac{1}{4}}{2} \frac{B_0 n S_1}{L} \cdot \frac{\tau}{2} =$$
$$= \frac{\frac{3}{16} + \frac{4}{16}}{4} \frac{B_0 n S_1}{L} \tau = \frac{7}{64} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$

Суммарный протёкший заряд: $Q = q_1 + q_2 =$

$$= \frac{7+3}{64} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L} = \frac{5}{32} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$

Ответ: 1) $\frac{B_0 S_1 n}{4L}$

2) $\frac{5}{32} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$



1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

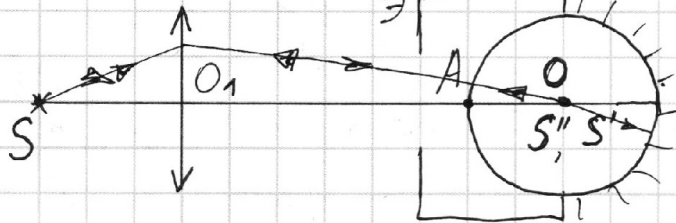
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 2

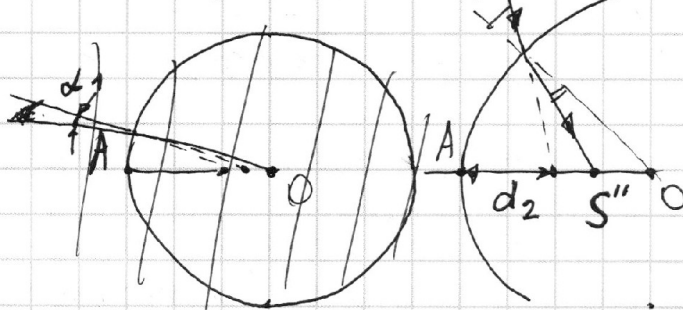
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5.



1) Найдём расстояние от линзы до изображения S' точечного источника S в ней.
 $a > F \Rightarrow S'$ действительное.

Найдём изображение S'' для шара предмета S' .



Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{10}{11F} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{11F}$$

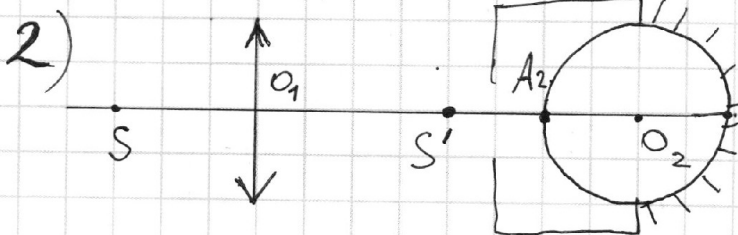
$$f_1 = 11F$$

S' находится ~~внутри~~ за поверхностью шара, ближний к линзе.

O_1 — оптический центр линзы. Если S', S'' и O совпадают, то лучи падают на зеркало так же нормально.

лучи падают сходящимся пучком и их продолжения пересекаются на расстоянии $d_2 = f_1 - b = 0,5F$ от точки A (показана на рисунке)

Изображение S'' должно быть на одном и том же расстоянии от O для того, чтобы после дальнейшего хода лучей, т.е. отражения, преломления при выходе из шара и преломлении в линзе они вернулись в S независимо от n -показателя преломления шара, лучи должны падать на шар нормально, т.е. $d_2' = R$
 $d_2 = 0,5F \Rightarrow R = 0,5F$



После того, как шар подвижим:

$$O_1 O_2 = O_1 O + \Delta = b + R + \Delta = 16,5F$$

$$O_1 A_2 = 16F = O_1 O_2 - R$$

теперь изображение S'' находится на расстоянии $\Delta - R = 5F$



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 ☐

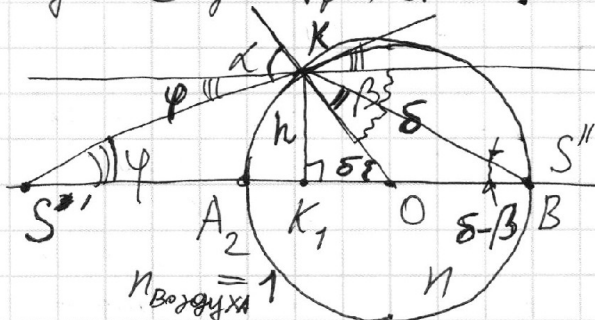
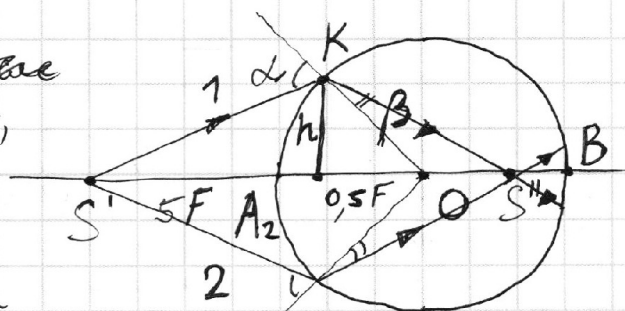
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

от точки A_2 .

Для того, чтобы δ лучи ~~пошли~~
от S'' после отражения,
преломления при выходе
из шара, преломления
в линзе, пойдут обратно
в S , они должны идти
симметрично относительно оси линзы
после отражения.

Но это возможно только если S'' совпадёт с точкой
 B на рисунке, т.е. луч 1 пойдёт после отражения как
луч 2 до отражения.



$\sin \alpha \approx \alpha$, тогда $\alpha \approx n/\beta$

$\varphi \approx \frac{h}{5F}$; $\delta = \frac{h}{R} \Rightarrow \delta = 2\beta$

$n \frac{\delta}{2} - \varphi = \delta$

$n \cdot \frac{h}{0.5F} - \frac{h}{5F} = \frac{h}{0.5F}$

$2n - \frac{1}{5} = 2$

$10n = 11$

$n = 1.1$

Пусть луч, уходящий на сферу
в точке K

K - точка падения на
сферу произвольного угла.

Пусть $KK_1 = h$
 $S'K_1 \approx 5F = S'A_2$
 $OA_2 \approx OK_1 = 0.5F$
Введём углы как на рисунке
т.е. $\alpha - \varphi = \delta$

$\delta - \beta = \sin(\delta - \beta) \approx$
 $\approx \tan(\delta - \beta) = \frac{h}{2R}$

$\begin{cases} \alpha - \varphi = \delta \\ \alpha = n\beta \end{cases}$

$n\beta - \varphi = \frac{\beta}{2}$

δ - центральный
 $\delta - \beta$ - вписанный $\Rightarrow \delta = 2\delta - 2\beta$
 $\delta = 2\beta$

Отв: 1) $0.5F$
2) 1.1



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
☐

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!

