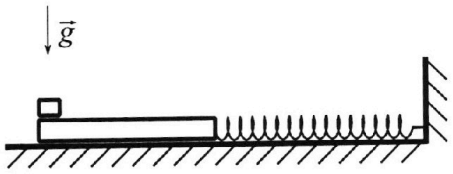
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0{,}3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

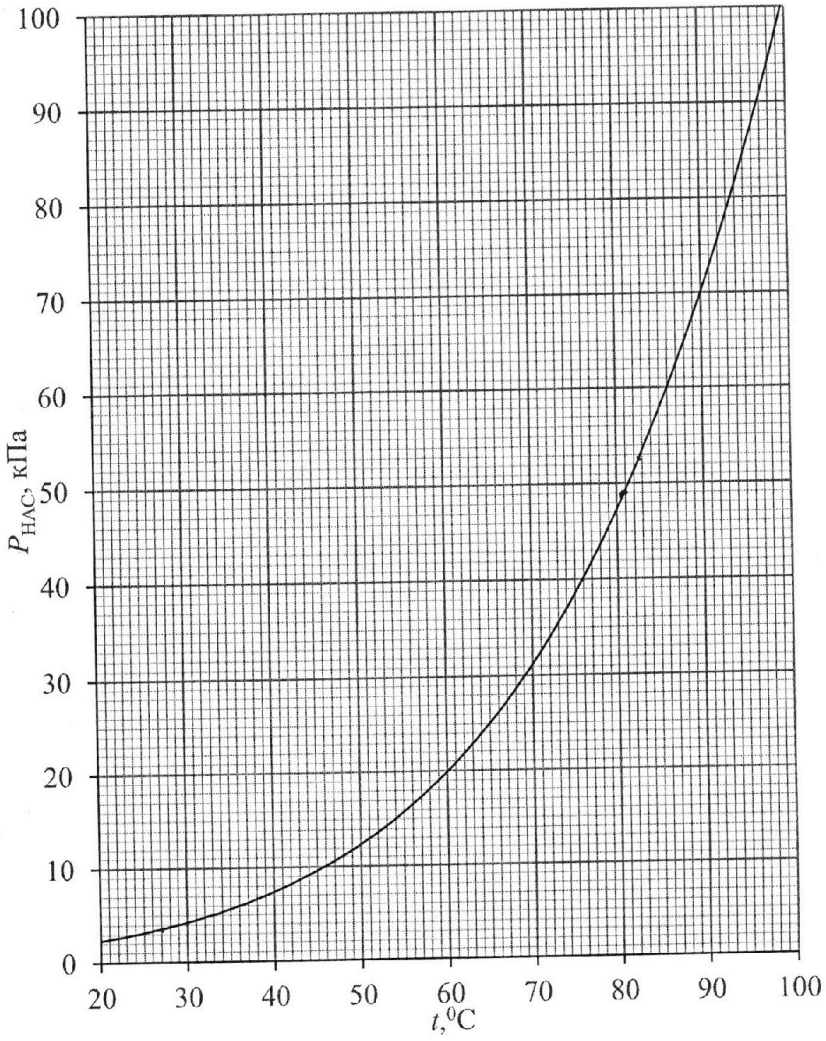


1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.

3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27\ ^0$C и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97\ ^0$C. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.



1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.

2) Найти температуру t^*, при которой прекратится испарение воды.

3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

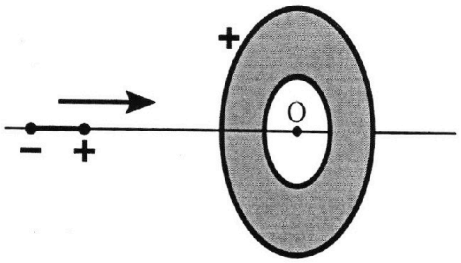
Объёмом жидкости по сравнению с объём ом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

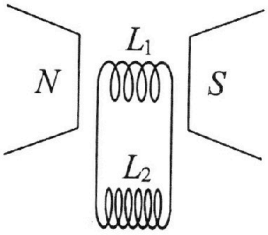
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O. Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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. Заряды диполя уменьшают по модулю в 2 раза и сообщают диполю начальную скорость V_0.

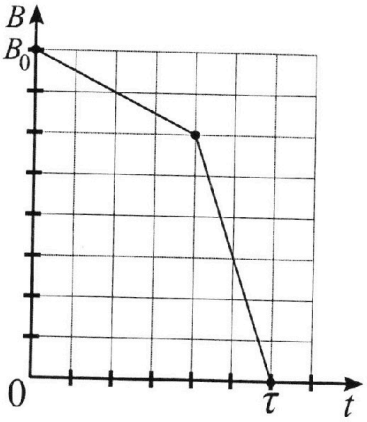


1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

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 $L_2 = 6L$ 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.

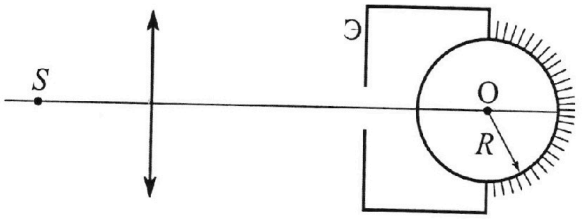




1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран Э с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 7R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти фокусное расстояние линзы F.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 4R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхн ости шара пренебрежимо мало. Экран Э обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin\alpha \approx \alpha$.

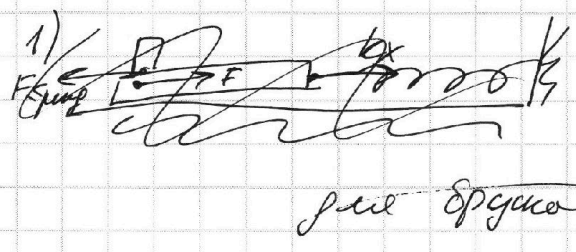
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

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

1)



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!

$t_0 = 27°C$

$m_в = 11 m_п$

($m_в$ - масса жидкой воды, $m_п$ - масса пара в начале при t_0)

$t = 97°C$

$\Rightarrow$ 1) Известно, что вся вода испарилась

масса пара в конце ($m_{пк}$):

$m_{пк} = m_в + m_п = 11 m_п + m_п = 12 m_п$

$\frac{m_{пк}}{m_п} = \frac{12 m_п}{m_п} = 12$

2) Ур-е Менделеева-Клапейрона для пара в начале:

$p_{нас}(t_0) V = \frac{m_п}{M} R T_0$ (1), где $p_{нас}(t_0)$ - давление насыщ. пара при t_0, T_0 - темп-ра в кельвинах, M - молярная масса воды, V - объём сосуда

(пар насыщенный, т.к. в сосуде есть вода, и нагревание происходит медленно $\Rightarrow$ проц. квазистатический)

Ур-е Менделеева-Клапейрона для пара в когда вся вода испарилась и $\varphi = 100\%$ - отн. влажность в этот момент

$p_{нас}(t^*) V = \frac{m_{пк}}{M} R T^* = \frac{12 m_п}{M} R T^*$ (2)

(2) : (1) $\rightarrow$

$\frac{p_{нас}(t^*)}{p_{нас}(t_0)} = \frac{12 T^*}{T_0} = \frac{12 (273 + t^*)}{273 + t_0} =$

$= \frac{12 (273 + t^*)}{300} = \frac{273 + t^*}{25} \rightarrow p_{нас}(t^*) = p_{нас}(t_0) \cdot \frac{273 + t^*}{25}$

Из графика $p_{нас}(t)$: $p_{нас}(t_0) = 3{,}5$ кПа

Примечание: $T^* = 273 + t^*$, $T_0 = 273 + t_0$ - перехожу от К к °C

$$P_{нас}(t^*) = \frac{3,5}{25}(273+t^*) = \frac{0,7}{5}(273+t^*) = 0,14(273+t^*) =$$

$$= 38,22 + 0,14t^*$$ (вольём точки $P_{нас}(t^*=0) = 38,22$ кПа, $P_{нас}(t=100\,^\circ C) = 52,22$)

Проведём прямую и найдём её пересечение с графиком, данным в условии: пересечение происходит при $t^* \approx 81\,^\circ C$

3) Ур-е Менделеева-Клапейрона для пара в конце нагревания ($t = 97\,^\circ C$, $T = 273+t$):

$$pV = \frac{m_{пк}}{M}RT = \frac{12 m_п}{M}RT \quad (3),$$ p - давление пара в конце нагревания.

(3) : (1) →

$$\frac{p}{P_{нас}(t_0^*)} = 12\frac{T}{T_0}$$

$$p = 12\frac{T}{T_0}P_{нас}(t_0) = 12\frac{97+273}{27+273}\cdot 3,5 = 12\cdot\frac{370}{300}\cdot 3,5 =$$

$$= \frac{37\cdot 3,5\cdot 4}{10} = \frac{129,5\cdot 4}{10} = 51,8\ (кПа)$$

$$\varphi = \frac{p}{P_{нас}(t)}\cdot 100\% = \frac{51,8}{90}\cdot 100\% \approx (57,56\%)$$ — отн. влажность в конце нагр-я

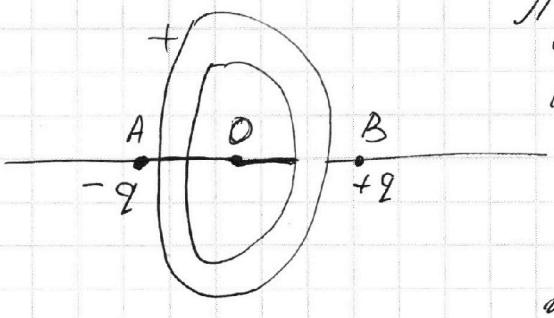
Ответ: 1) 12, 2) $t^* = 81\,^\circ C$, 3) $\varphi = 57,56\%$

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 ☐

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) Примем потенциал на бесконечности равным нулю. В м момент пролёта центра диполя т. О центр отверстия. Пусть потенциал в т. А равен φ. Этот потенциал определяется геометрией диска и зарядом диска, а так как пол-ем т. А отн. центра диска.



Точки A и B равноудалены отн. центра диска $\Rightarrow$ в т. B будет такой же потенциал φ. $W_{эл} = -q\varphi_A + q\varphi_B = -q\varphi + q\varphi = 0$ – энергия электрост-го взаим-я диска и диполя в этот момент. Т.к. рей-ю только консервативные электрост. силы $\Rightarrow$ ЗСЭ!

$$\frac{mv_0^2}{2} + \underbrace{0}_{W_{эл} \text{ в нач. (т.к. } \varphi_\infty = 0)} = \frac{mv^2}{2} + \overset{0}{W_{эл}''} \Rightarrow \boxed{v = v_0},$$

где m – суммарная масса диполя, v – искомая скорость

2) Диполь подлетает к диску. Положительный заряд отталкивается, отрицательный – притягивается. До того, как центр диполя пройдёт т. О центр диска, $F_{притяж-я} > F_{отталкивания}$, т.к. расстояние ρ от $+q$ до центра диска меньше

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 ☐

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!

, чем расст-е от $-q$ до центра ($E_{эл} \sim \frac{1}{\rho^2}$) =>

=> у диполя будет ус-е, направленное против ск-ти => когда $+q$ пройдёт ц/у центр, ск-ть будет минимальной.

В первом случае, когда заряды в 2 раза больше ($+2q$ и $-2q$), min нач ск-ть v_0 б. в том случае, когда в описанном зад-ии ($+q$ в центре диска) $v=0$. Пусть $W_{эл}$ в этом случае $= W_{эл\,0}$. $W_{эл} \sim q$ =>

=> $W_{эл\,1} = \frac{W_{эл\,0}}{2}$ – энергия взаим-я зарядов и диска, когда заряды уменьшили в 2 раза, а $+q$ прохорит ц/у центр диска. (v_{min} во 2 случае). ЗСЭ для 2 случая (заряд $+q$ и $-q$):

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{min}^2}{2} + \frac{W_{эл.0}}{2} = \frac{mv_{min}^2}{2} + \frac{mv_0^2}{4}$$

В 1 случае (заряд $+2q$ и $-2q$): $\frac{mv_0^2}{2} = W_{эл.0}$

$$v_{min} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

После того, как центр диполя пройдёт ц/у центр диска, диполь начнёт разгоняться,

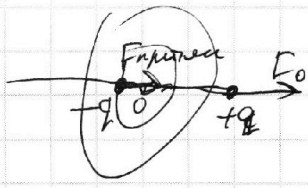
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно.**

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 3 ИЗ 3

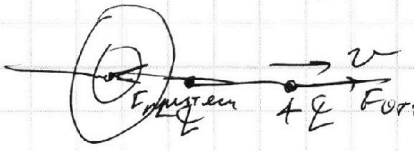
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

т.к. сила притяжения заряда $-q$ больше силы притяжения отталкивания $+q$ и эти силы колл. по скорости:



Диполь будет разгоняться, пока $-q$ не пройдет центр диска.

Дальше $F_{притяж} > F_{отталк}$, но $F_{притяж}$ колл. к $v_{диполя}$ $\Rightarrow$ диполь замедляется



v_{max}, когда заряд $-q$ в центре диска.

Когда $+q$ проходит ц. центр диска, эл. энергия системы была $W_{эл}$, а потенциалы $\varphi_{+q} = \varphi_1$, $\varphi_{-q} = \varphi_2$. Когда $-q$ в центре, $\varphi'_{-q} = \varphi_1$, $\varphi'_{+q} = \varphi_2$ ("поменялись местами") $\Rightarrow$ $W_{эл} = q\varphi_1 - q\varphi_2$, $W'_{эл} = -(q\varphi_1 - q\varphi_2)$

$= -W_{эл} = -\frac{W_{эл_0}}{2} = -\frac{mv_0^2}{4}$ (см. п. 1)

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_{max}^2}{2} - \frac{mv_0^2}{4}$

$v_{max}^2 = \frac{3}{2} v_0^2 \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{3}{2}} v_0$

$v_{max} - v_{min} = \left(\sqrt{\frac{3}{2}} - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) v_0 = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}}$;

Ответ: 1) $v = v_0$
2) $v_{max} - v_{min} = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} v_0$

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 ☐

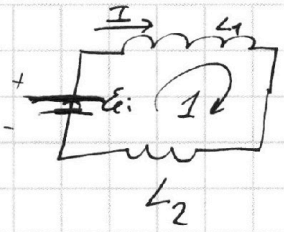
СТРАНИЦА 1 ИЗ 2

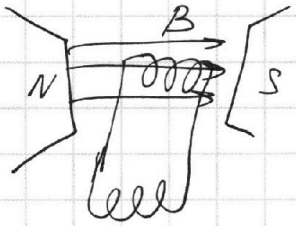
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$L_1 = L, S_1, B_0$

$L_2 = 6L, \tau$

1)





Меняется модуль магнитной индукции поля $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ меняется магнитный поток ч/з катушку L_1 $\Rightarrow$ возн-ет ЭДС индукции $\mathcal{E}_i$ (напр-е опред-ся по правилу левой и правой руки – см. рис. – напр-е $\mathcal{E}_i$), по з-ну эл-маг индукции:

$\mathcal{E}_i = n B' S_1$ (1). // Пусть в цепи течёт ток I // $(nBS)'$, т.к. $n, S_1 = const$

Обойдём контур 1 как показано на рис., по II правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E}_i - I' L_1 - I' L_2 = 0$

$\mathcal{E}_i - I'L - 6I'L = \mathcal{E}_i - 7I'L = 0 \xrightarrow{(1)} I' = \frac{\mathcal{E}_i}{7L} = \frac{nB'S_1}{7L}$ (1)

$B' = \frac{\Delta B}{\Delta t}$, в конце вакханалии поля (из графика):

$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\frac{3}{8}B_0}{\frac{1}{6}\tau} = \frac{18}{8}\frac{B_0}{\tau} = \frac{9}{4}\frac{B_0}{\tau}$ – для второго „отрезка" графика, на нём $B' = const$ (прямая), возьмем две точки: $B(t = \frac{5}{6}\tau) = \frac{3}{8}B_0$, $B(t=\tau) = 0$

$\frac{\Delta B}{\Delta t} = B' = \frac{9}{4}\frac{B_0}{\tau}$ (1)'. $I_0 = n\frac{9}{4}\frac{B_0}{\tau}\frac{S_1}{7L} = \frac{9}{28}\frac{nB_0S_1}{\tau L}$

2) $nB'S_1 - 7I'L = 0$, $\Leftrightarrow (nBS_1 - 7IL)' = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow nBS_1 - 7IL = const$ (*)

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

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!

В нач. момент $I=0$ (ток не мог нул-ся мгновенно) $B=B_0$, в конце вокл-я поля $B=0$, $I=I_0$:

$$nB_0S_1 - 0 = 0 - 7I_0L$$

$$|I_0| = \frac{nB_0S_1}{7L}$$ (ток одинаков для обеих катушек, т.к. соединены последовательно)

2) (*) $nBS_1 - 7IL = const$

t и $t+\Delta t$ моментов

для произвольных моментов (пусть в t моментов ток $I(t)$, $B=B(t)$):

$$nB(t)S_1 - 7I(t)L = nB(t+\Delta t)S_1 - 7I(t+\Delta t)L \to$$

$$I_i = \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i} \Rightarrow I(t+\Delta t) - I(t)$$

$$|\Delta q| = \frac{nS_1}{7L}\left(B(t+\Delta t) - B(t)\right)\Delta t = \frac{nS_1}{7L}\Delta B\Delta t$$

заряд, протекший за Δt $\to$ "$\frac{\Delta q}{\Delta t}$"

Суммируем за время τ: $q = \frac{nS_1}{7L}\cdot S'$, где

S' – площадь под графиком $B(t)$: $S' = \frac{(6+8)}{2}\frac{B_0}{8}\cdot\frac{4}{6}\tau +$

$$+ \frac{1}{2}\frac{2}{6}\tau\cdot\frac{6}{8}B_0 = \frac{14\cdot 4}{2\cdot 6\cdot 8}B_0\tau + \frac{1}{8}B_0\tau = \frac{14+3}{24}B_0\tau = \frac{17}{24}B_0\tau$$

(площадь S' = площадь трапеции: за вр. от $t=0$ до $t=\frac{4}{6}\tau$, + площадь треугольника: за вр. от $t=\frac{4}{6}\tau$, до $t=\tau$)

$$q = \frac{nS_1}{7L}B_0\tau\cdot\frac{17}{24} = \frac{17nS_1B_0\tau}{7\cdot 24L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{nB_0S_1}{7L}$, 2) $q = \frac{17}{168}\frac{nS_1B_0\tau}{L}$

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 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 4 ИЗ 4

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

Ц $\triangle COE$:

$\angle O = 180^\circ - \beta - \angle OCE = 180^\circ - \beta - 180^\circ + \varphi + \frac{4\beta}{n} =$ ($\angle OCE$ (см. примечание))

$= \beta\left(\frac{4}{n} - 1\right) + \varphi = \frac{4\beta}{n} - \frac{\varphi}{4}$ (**)

$\varphi \to 0 \Rightarrow$ (чем ладонь дальше маленький $\angle$)

$\frac{\beta \cdot 4}{n} - \beta \approx \frac{\beta}{n}$

$\frac{3\beta}{n} = 1 \Rightarrow \boxed{n = 3}$

Примечание: $\angle OCB = \varphi = \frac{\beta}{n}$ (было доказано в п. 2) $\Rightarrow$ по φ-му арк-е в т. C:

$2\alpha = n \cdot \varphi = \frac{\beta}{n} \cdot n = \beta$, $\alpha = \angle OCE$ (верт. $\angle$)

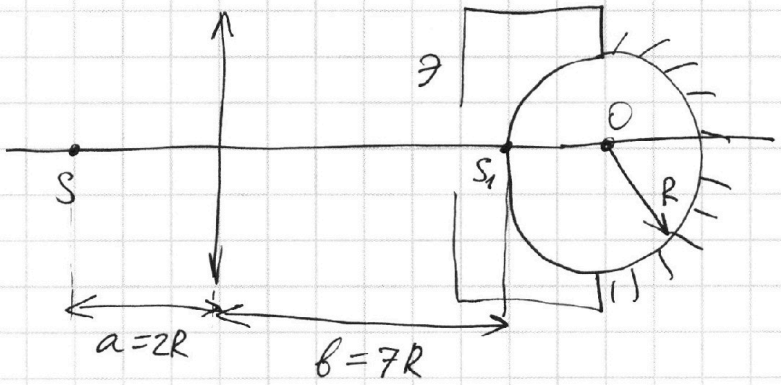
Ответ: 1) $F = \frac{14}{9}R$, 2) $n = 3$

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**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

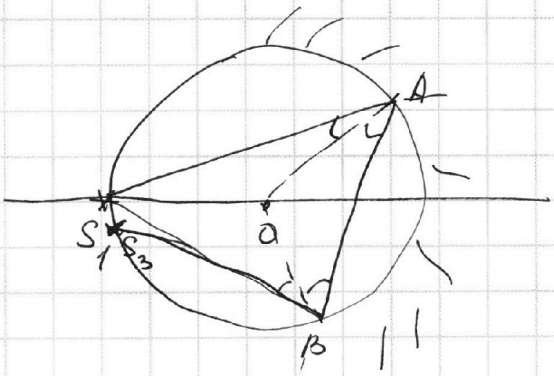
СТРАНИЦА 1 ИЗ 4

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



1) Лучи от источника идут т/у линзу, а затем проходят т/у шар, отражаются, снова идут т/у линзу. Изображение источника совпадает с самим источником $\Rightarrow$ согласно принципу обратимости световых лучей, изображение S_1, полученное после преломления лучей в линзе, совпадает с изображением S_2, полученным после отражения лучей и преломления их т/у шар.

Если S_1 будет находиться на расстоянии b от линзы, первый раз лучи не преломятся, пройдя т/у шар. Дальнейший ход лучей:



$\angle S_1BO = \angle OBA$

$\angle S_1AO = \angle OAB$ (угол пад-я = углу отражения),

$\angle OBA = \angle OAB$ ($\triangle OBA$ – р/б, $OB = OA = R$)

$\Downarrow$

$S_1 \equiv S_3$ (т.к. $\triangle S_1BA$ – р/б, а точки A и B равноудалены от т. S_1) $\Rightarrow$ лучи пройдут т/у S_1 $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ положение изображения $S_3 \equiv S_1$ не зависит от положения линзы относительно шара, а изображение источника

совпадёт с самим ист. согласно принципу обр-ти свет. лучей.

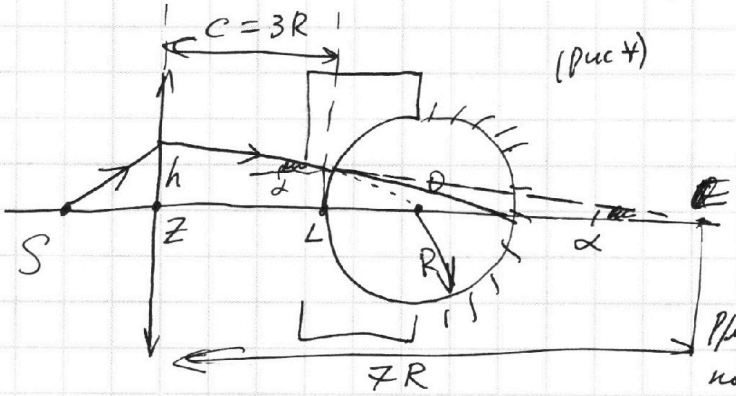
Итак, после прел-я в линзе лучи сфокусируются на расст-ии в.

Формула тонкой линзы для первого прел-я лучей в линзе:

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{1}{F}=\frac{1}{2R}+\frac{1}{7R}=\frac{9}{14R} \rightarrow F=\frac{14}{9}R$$

2)

С-новое расст-е от линзы до шара: $C = b - \Delta = (7-4)R = 3R$



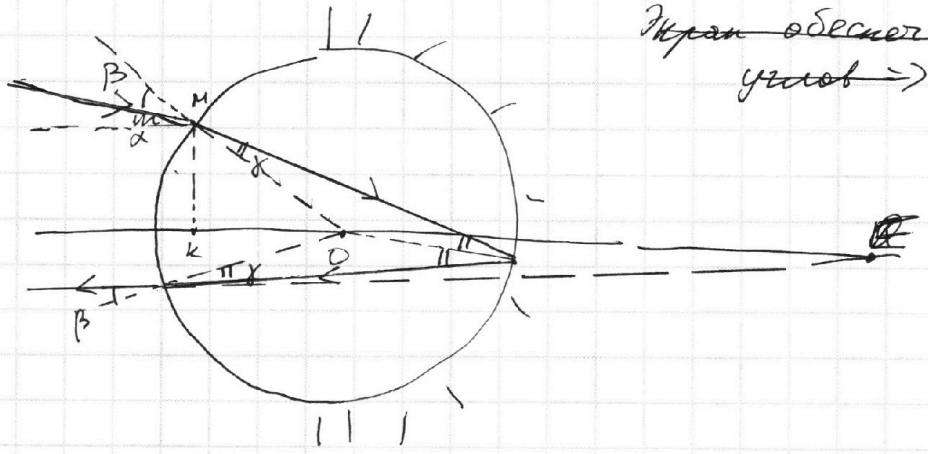
(рис 4)

Из п.1 известно, что после прел-я лучи в линзе сфокусируются на расстоянии $7R$. ~~Линза~~, удалённой от линзы на расст-ии h от её центра:

$$\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{7R}$$

Рассмотрим ход лучей после прел-я в линзе:

~~Экран обеспеч-ет малость углов~~ ⇒ ~~прибл-но~~



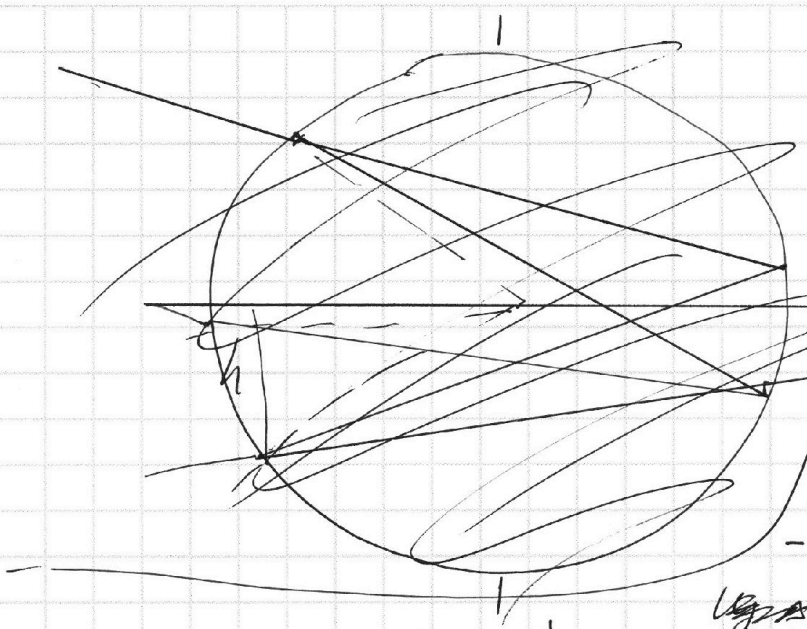
Пусть угол падения луча на шар β, угол прел-я γ. З-н прел-я: $\sin\beta = \sin\gamma \cdot n \Leftrightarrow \beta = n\gamma$ (углы малы)

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 4

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

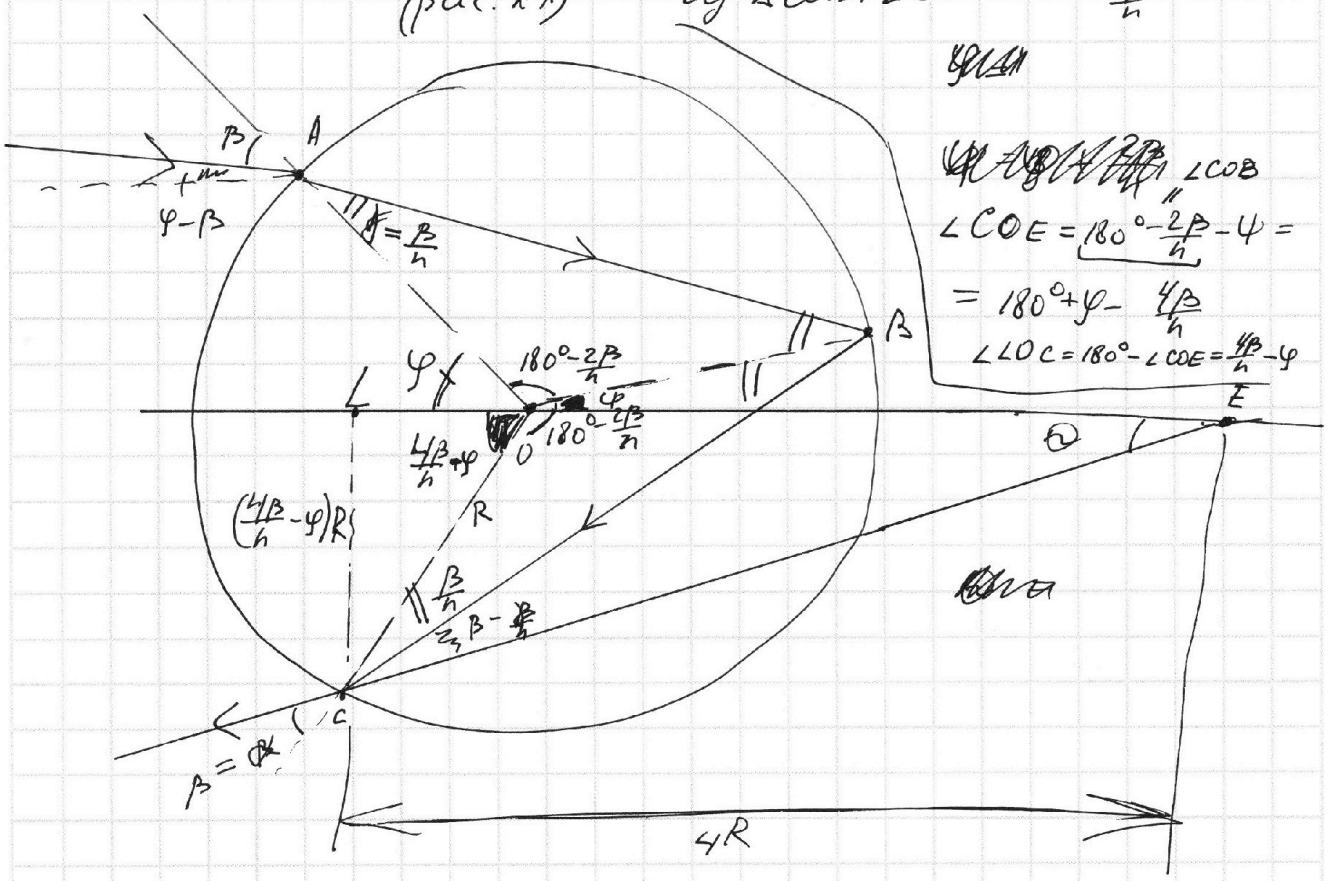


(рис.**)

$\triangle AOB$ см рис**:
и $\triangle COB$ - р/б,
$\angle ABO = \angle OBC$ (угол падения и отражения)
"
$\angle OAB = \angle OBC = \angle OBA = \angle OCB = \frac{\beta}{n} = \gamma$

Ц $\triangle AOB$: $\angle AOB = 180° - \frac{2\beta}{n}$
$\angle BOE = \angle\varphi = 180° - (180° - \frac{2\beta}{n}) - \varphi = \frac{2\beta}{n} - \varphi$ ($\angle\varphi = \angle LOA$ (развёрнутый $\angle LOE$))

Ц $\triangle COB$: $\angle COB = 180° - \frac{2\beta}{n}$



$\angle COE = 180° - \frac{2\beta}{n} - \varphi = 180° + \varphi - \frac{4\beta}{n}$
$\angle LOC = 180° - \angle COE = \frac{4\beta}{n} - \varphi$

$LO \approx R$ (угол малый), $LC = R\sin(\frac{4\beta}{n} - \varphi) \approx R(\frac{4\beta}{n} - \varphi)$

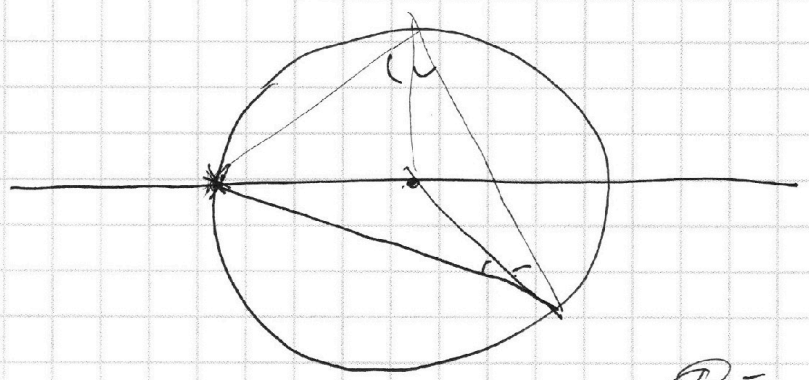
$\textcircled{2} \approx \frac{4\beta - \varphi}{4}$ (**), т.к. угол малый $LO \approx R \Rightarrow LE = 2E - 2L = 5R - R = 4R$ (см рис *)

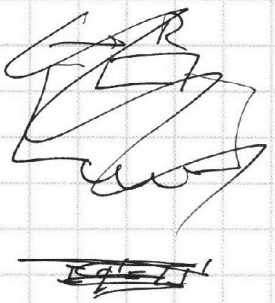
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





$\Phi = \angle I = \angle q'$

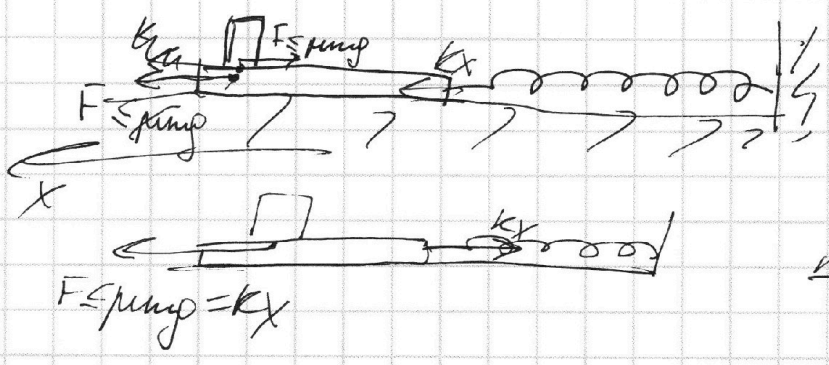
$\angle q' = \Phi$

~~$nBS_1 + \mathcal{E}_i = const$~~

~~$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$~~ $nB_0S_1 = B(t)nS_1 + \frac{\Delta q}{\Delta t}$

$\Delta t(B(t) - B_0)nS_1 = \Delta q$

$\frac{B\Delta t}{7}nS_1 - \frac{B_0nS_1\Delta t}{7} = \Delta q$ $\quad \frac{-24}{-17}$ $\quad \frac{10}{7}$



$F_0 =$

$F_{упр} = kx$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow A_{пр}$

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!

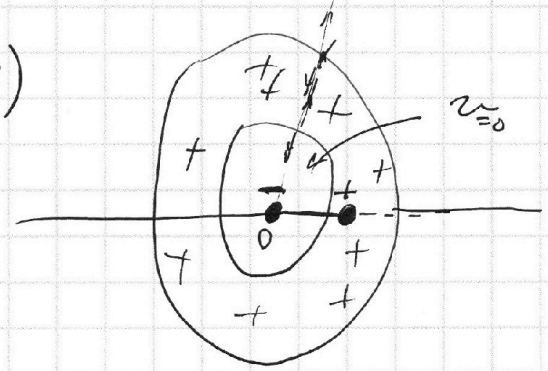
518 | 9
-45 | 57,55...
68
-63
50
-45
5

129,5
× 4
518,0

24
× 7
168

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{nB(t+\Delta t)S_1 - nBtS_1}{\Delta t} = nB\frac{\Delta t}{\Delta t}S_1$

3)

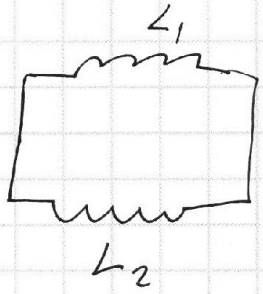


4) $L_1 = L, n, S_1, B_0$

$L_2 = 6L$

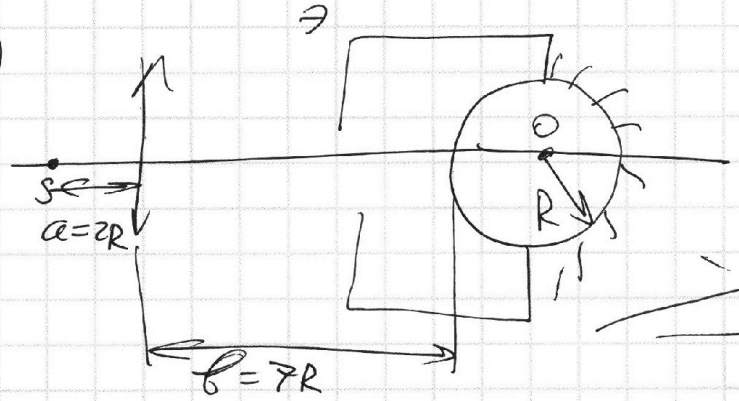
$R \to 0$

$I(0) = 0$

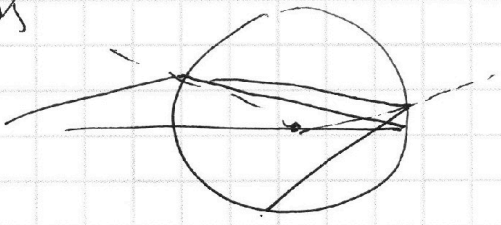


$\mathcal{E}_i$

5)



$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{2}{R}$



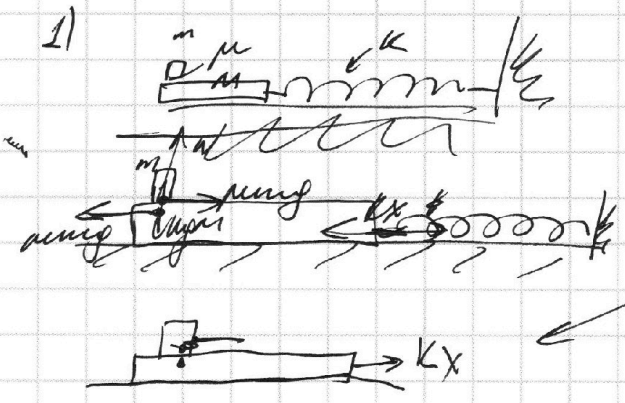
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

1)



$a \to 0$: брусок не ускоряется.

$\mu m g = Kx$

$37 \times 14 = 148 + 370 = 518$

$P = 38{,}22 \cdot 14 = 52{,}22$

2) $518 : 9 = 57{,}55\ldots$

-45

68

-63

50

-45

$37 \times 14 = 518$

$37 \times 35 \times 14 = 1480$ г

$273 \times 14 = 3822$

$273 \times 4 = 92$

2) $t_0 = 27°C$

$m_в = 11 m_п$

$t = 97°C$

в → пар.

1) $\varphi = \frac{m_{пар}}{m_н} = \frac{1}{12}$

2) влаж. возд. + вода!

$\varphi = 100\%$ ⇒ ясно, что вся вода испар.!

$P_{н.п.}(t^*) V = \frac{(m_в + m_п)}{\mu} R T_0 = \frac{12 m_п}{\mu} R T_0^*$

$P_{н.п.}(t_0) V = \frac{m_п}{\mu} R T_0^*$

$\frac{P_{н.п.}(t^*)}{P_{н.п.}(t_0)} =$ ÷

$273 \times 14 = 3822$

$273 \times 4 = 92$ г

$273 \times 14 = 3822$

$37 \times 3{,}5 = 129{,}5$

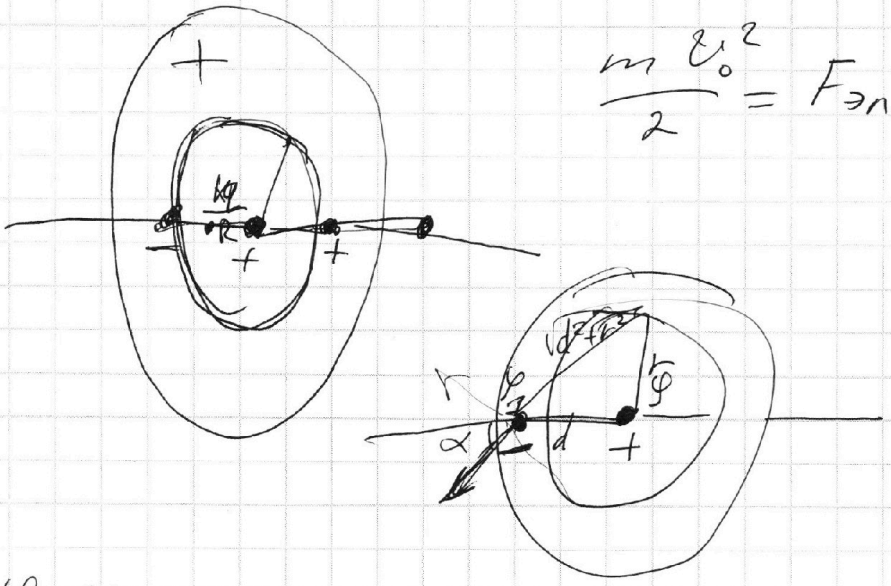
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно.**

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!

3.



$$\frac{mv_0^2}{2} = F_{эл} = \varphi q$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{\sqrt{d^2+r^2}} \cdot \cos\alpha = \frac{\varphi}{\sqrt{d^2+r^2}} \cdot \frac{d}{\sqrt{d^2+r^2}} = \frac{\varphi d}{d^2+r^2}$$

$$\frac{-\varphi d}{d^2+r^2} q + \varphi q = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{-\varphi \frac{d}{2}}{\frac{d^2}{4}+r^2} + \frac{\varphi q \frac{d}{2}}{\frac{d^2}{4}+r^2} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

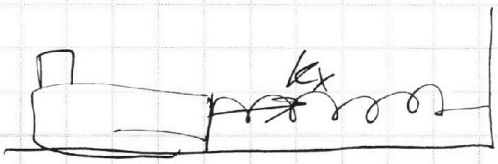
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ 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) $F_{тр} = 0 \Rightarrow kx = Ma$



$ma = -F_{тр}$

$Ma = kx + F_{тр} =$

$= kx - ma$

$Ma + ma = kx$

Отн. ускорения нет $\Rightarrow A = a \Rightarrow (M+m)a = kx$

2) $0 = kx - ma \rightarrow ma = kx$

$\frac{MV^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} + F_{тр}\Delta x = \frac{kx_0^2}{2}$

$\frac{(M+m)v^2}{2} + F_{тр}\Delta x = \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx^2}{2}$

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 __ 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!