



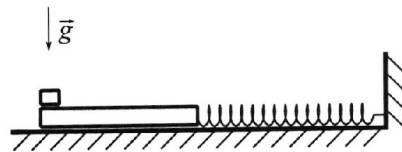
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ 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 $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. 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/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

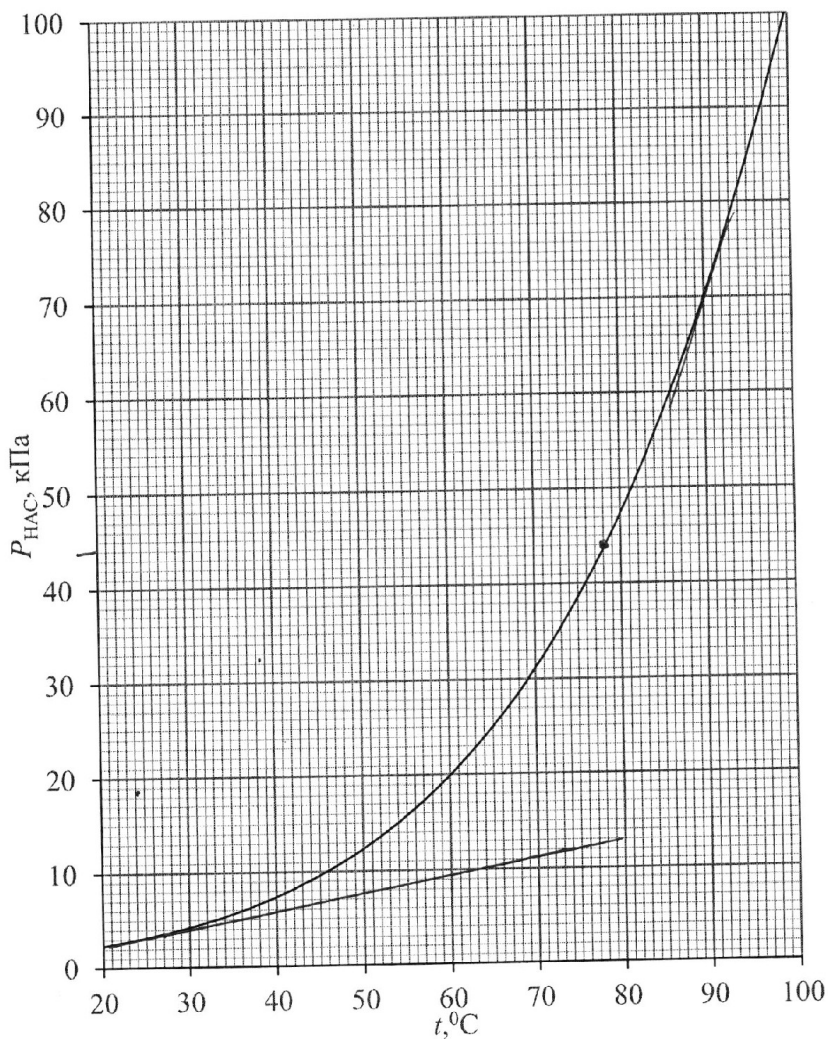


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. 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 объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





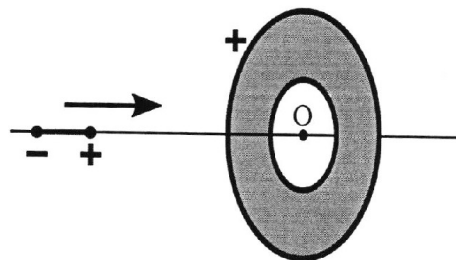
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

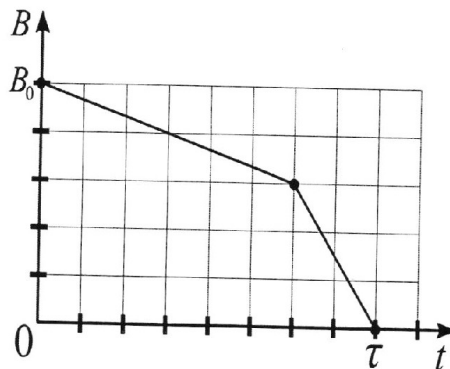
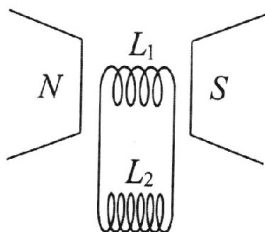


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



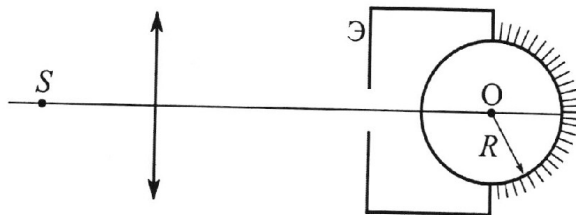
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ 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 $L_2 = 8L$ 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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (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 $b = 8R$, 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 $\Delta = 3R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.

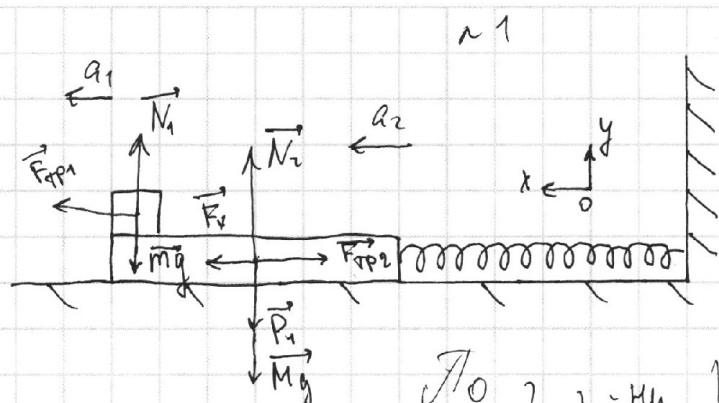


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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!



По 3-ю закону Ньютона:
 $|\vec{N}_1| = |\vec{P}_1|$
 $|\vec{F}_{TP1}| = |\vec{F}_{TP2}|$

По 2-ю закону Ньютона для m:

Ох: $F_{TP1} = Mg = ma_1$ (1)

По 2-ю закону Ньютона для M:

Ох: $F_y = kd = Ma_2 + ma_1$ (2), d - растяжение пружины
 при $a_1 = a_2$, $d_0 = \frac{(M+m)Mg}{k}$ (5)

1) $d_0 = \frac{(M+m)Mg}{k}$, Ответ: $\frac{(M+m)Mg}{k} = 0,2 \text{ м}$

Рассмотрим случаи:

$|d| > d_0$ $|\vec{v}_M| > |\vec{v}_m|$, брусок отст. от пруж.

$|d| = d_0$ $|\vec{v}_M| = |\vec{v}_m|$, брусок касается пружины
 движ.

$d = d_0$ $\vec{v}_M = \vec{v}_m = 0 \Rightarrow$ в какой-то момент, что

$a_1 = a_0$, брусок начал замедляться. — это при $|d| = d_0$

$\Rightarrow$ т.к. $a_1 = F_{TP1} = \{0; Mg\}$ и брусок не взаимодействует с пружиной, то время от d_0 до d_0 равно



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

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!

времени от d_0 до 0, где A - амплитуда
 $\Rightarrow$ из урав. номер $d = A \sin(\omega t)$ $\cos(\omega t)$ (3)

$$\frac{A}{d_0} = \frac{\cos(\frac{\pi}{4})}{\cos(0)} = \frac{2}{\sqrt{2}} \Rightarrow A = \sqrt{2} \quad (4)$$

$$(5) \quad b(4) \quad b(2)$$

$$kA = Ma_{20} + m g \Rightarrow a_{20} = g(M\sqrt{2} + m(\sqrt{2} - 1))$$

$$2) \text{ Ответ: } Mg(M\sqrt{2} + m(\sqrt{2} - 1))$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}} \quad (6)$$

ЗСЭ:

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{k d_0^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{kA^2}{4} + \frac{m \left(g \frac{T}{8} \right)^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{kA^2}{2} - m \left(g \frac{6 \cdot \frac{5}{100}}{8} \right)^2} = \sqrt{\frac{4 - \frac{15}{100}}{4}} = \frac{\sqrt{385}}{20}$$

$$3) \text{ Ответ: } \frac{\sqrt{385}}{20}$$

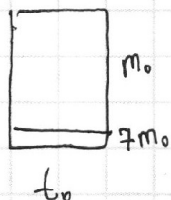


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



М.к. в результате все вода превращается в пар, то $m_k = 8m_0$

$$\frac{8m_0}{m_0} = 8$$

1) Ответ: 8

Из ур-я соот. из ур-я

$$P_{H1} V = \frac{m_0}{M} R t_0, P_{H2} V = \frac{8m_0}{M} R t^* \Rightarrow \frac{t^*}{t_0} = \frac{P_{H2}}{8P_{H1}}, \frac{t^*}{P_{H2}} = \frac{t_0}{8P_{H1}}$$

найдем значение по таб. $\frac{t_0}{8P_{H1}} \approx \frac{185}{8 \cdot 41} \cdot 10^{-3}$

$$\frac{P_{H2}}{t^*} = \frac{8P_{H1}}{t_0} \approx \frac{328 \cdot 10^3}{185} - \text{наем. к номм. } (t^*; P_{H2})$$

$$t^* \approx 78^\circ \text{C}$$

2) Ответ: 78°C

$$\varphi = \frac{P_{H2}}{P_{H3}} \approx \frac{44 \cdot 10^3 \text{ Па}}{70 \cdot 10^3 \text{ Па}} \approx \frac{22}{35}$$

3) Ответ: $\frac{22}{35}$

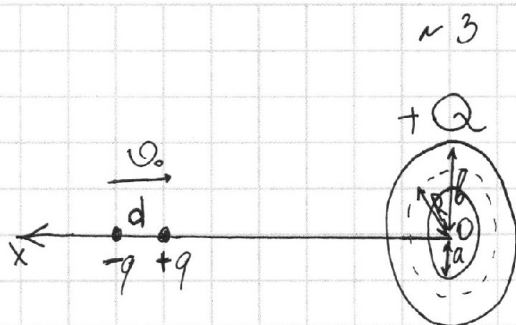


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



П.к. диск равномерно заряжен, то его можно заменить обручем радиуса

радиуса $R = \frac{a+b}{2}$, где a — радиус обв., а b — радиус самого диска, что доказываем суперпозицией и суммированием сил.

Электрич. п. поле на бесконечности равно 0

(1) $E_{0z} = 0$, при расст. от кат. заряда до $0 = x$

$$E_z = \frac{kqQ}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{kqQ}{\sqrt{x^2 + d^2 + 2xd + R^2}} \quad (2)$$

Рассмотрим попр. случаи, когда при пролете через обруч $v \rightarrow 0$, ЗСД: (см (1) и (2))

$$\frac{mv_0^2}{2} = kqQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right) \quad (3)$$

При уменьшении зарядов диска по модулю в 3 раза во внеш. кр. поля ^{центра} диска будет иметь

$v_1 \rightarrow 0$, ЗСД: (см (3))

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kqQ}{3} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(-\frac{d}{2} + d\right)^2}} \right) + \frac{mv_0^2}{2}$$



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
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!

$\Rightarrow |V_1| = |V_0|$, т.к. диалект кратчайшим, то $V_1 = V_0$

1) Ответ: V_0

Из ЗСЗ и (2) $E_k \rightarrow \max$ при $E_3 \rightarrow \min$ и
 $E_k \rightarrow \min$ при $E_3 \rightarrow \max$.

Рассмотрим случай, когда $E_3 \rightarrow \max$, ЗСЗ: см (3)

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{kqQ}{3} \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right) + \frac{mV_{\min}^2}{2} \quad (4)$$

см (3) 6 (4)

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2}{6} + \frac{mV_{\min}^2}{2} \Rightarrow V_{\min} = \sqrt{\frac{2}{3}} V_0 \quad (5)$$

Рассмотрим случай, когда $E_3 \rightarrow \min$, ЗСЗ: см (3)

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{kqQ}{3} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} - \frac{1}{R^2} \right) + \frac{mV_{\max}^2}{2} \quad (6)$$

см (3) 6 (6)

$$\frac{mV_0^2}{2} = -\frac{mV_0^2}{6} + \frac{mV_{\max}^2}{2} \Rightarrow V_{\max} = \frac{2V_0}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$\Rightarrow \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{\frac{2V_0}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\frac{2}{3}} V_0} = \sqrt{2}$$

см (5)(7)

2) Ответ: $\sqrt{2}$

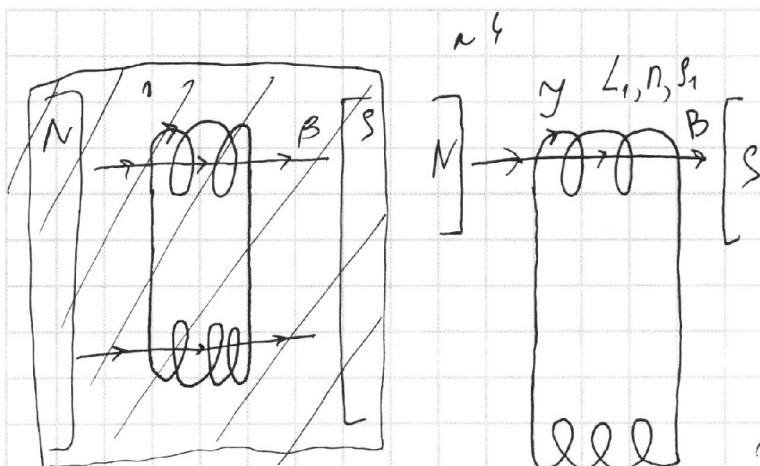


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



По правилу Э. / д.
индукции в катушке
 L_1 возникает
индукционный ток.
Направление обхода, что

$I > 0$. По II з-ну Кирхгофа

$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{L_1} + \mathcal{E}_{L_2} = 0$, т.к. нет сопротивления

$$\frac{dB n S_1}{dt} + \left(- \frac{L_1 dI}{dt} \right) + \left(- \frac{L_2 dI}{dt} \right) = 0 \quad (1) \Rightarrow$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dB n S_1}{dt (L_1 + L_2)} \quad (2), \text{ т.к. } B \text{ монотонно убывает}$$

при $t \in [0; \tau]$, то I тоже монотонно на
 $t \in [0; \tau]$, т.к. мы выбрали, что $I > 0$, то
($\Rightarrow dB > 0$)

просуммируем (2) и получим:

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{(L_1 + L_2)} - \text{ток во всей цепи в конце выключения.}$$

1) Ответ: $\frac{B_0 n S_1}{(L_1 + L_2)}$

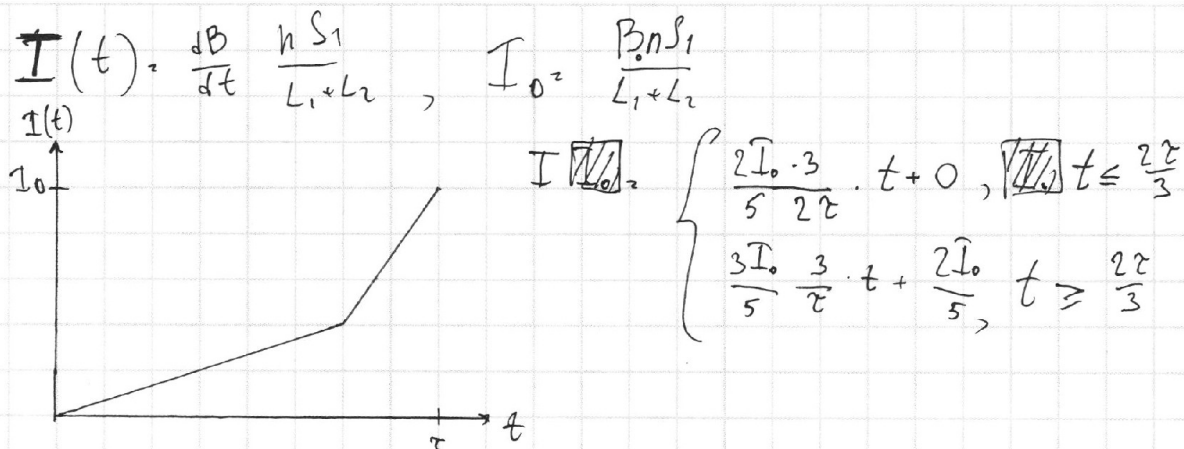


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$q(t) = \int I(t) dt = \begin{cases} \frac{3I_0}{10} t^2, & t \leq \frac{2\tau}{3} \\ \frac{3I_0}{10} \cdot \frac{\tau}{2} \cdot t + \frac{2I_0}{5} t, & t \geq \frac{2\tau}{3} \end{cases}$

Найдем заряд прошедший по всей цепи, как площадь под графиком

$q_k = \frac{2}{5} I_0 \cdot \frac{2\tau}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{(\frac{2}{5} + 1) I_0}{2} \cdot \frac{\tau}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{I_0 \tau}{4}$ — заряд

прошедший через L_2

2) Ответ: $\frac{B_0 n S_1 \tau}{4(L_1 + L_2)}$



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!

Из условия, что изобр. в системе "линза-шар" совпадает с самим источником, следует, что её можно заменить системой "линза - зеркало", что зеркало // поверхности линзы. Из того следует, что лучи проходящие через систему линза шар должны уже отразиться от точки, касательная в которой // линзе $\Rightarrow$ заменим систему "линза - шар" на "линза - зеркало", где зеркало стоит на расстоянии $10R$.

Примем, по формуле вышеуказанному, изобр от ~~линзы~~ линзы должно показаться на зеркало / зеркальную поверхность $\Rightarrow$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{4,5R} + \frac{1}{10R} \Rightarrow F = \frac{90R}{29}$$

1) Ответ: $\frac{90R}{29}$



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!

черновики

$$\frac{2}{9} + \frac{1}{10} = \frac{20+9}{90} = \frac{29}{90}$$

$$\frac{64-27}{10-38} = \frac{37}{6,2} = \frac{185}{41}$$



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!

черновик

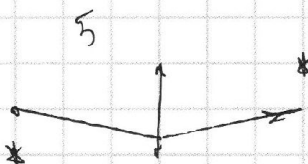
345

по II з-ну

$$\pm \mathcal{E}_{in} \pm L \frac{dI}{dt} \pm L \frac{dI}{dt} \pm \mathcal{E}_{ir} = 0$$

$$\frac{d\varphi}{dt}$$

$$q = \int_0^z \frac{dI}{dt} \cdot dt \quad \text{на прот.}$$



Силы на движ. зерно?

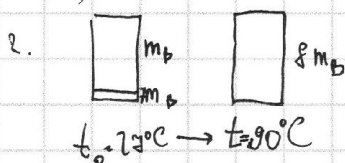
1. разл. погр. сил: когда m еще не начал осесть

$$1) \frac{F_{sp}}{m} = \frac{kx}{M}$$

$$2) \quad \leftarrow \rightarrow \quad a = \frac{kA}{n+m}$$

$$3) \quad 3\ell f.$$

$$\frac{\beta_0}{f}, \quad \frac{\pi}{f}$$



$$\frac{0,7}{6} = \frac{7}{60} \rightarrow \frac{4}{30} = \frac{15}{60} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{0,4}{3} = \frac{4}{30}$$

