



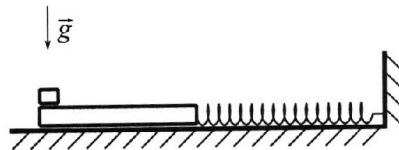
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брускок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брускок 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.

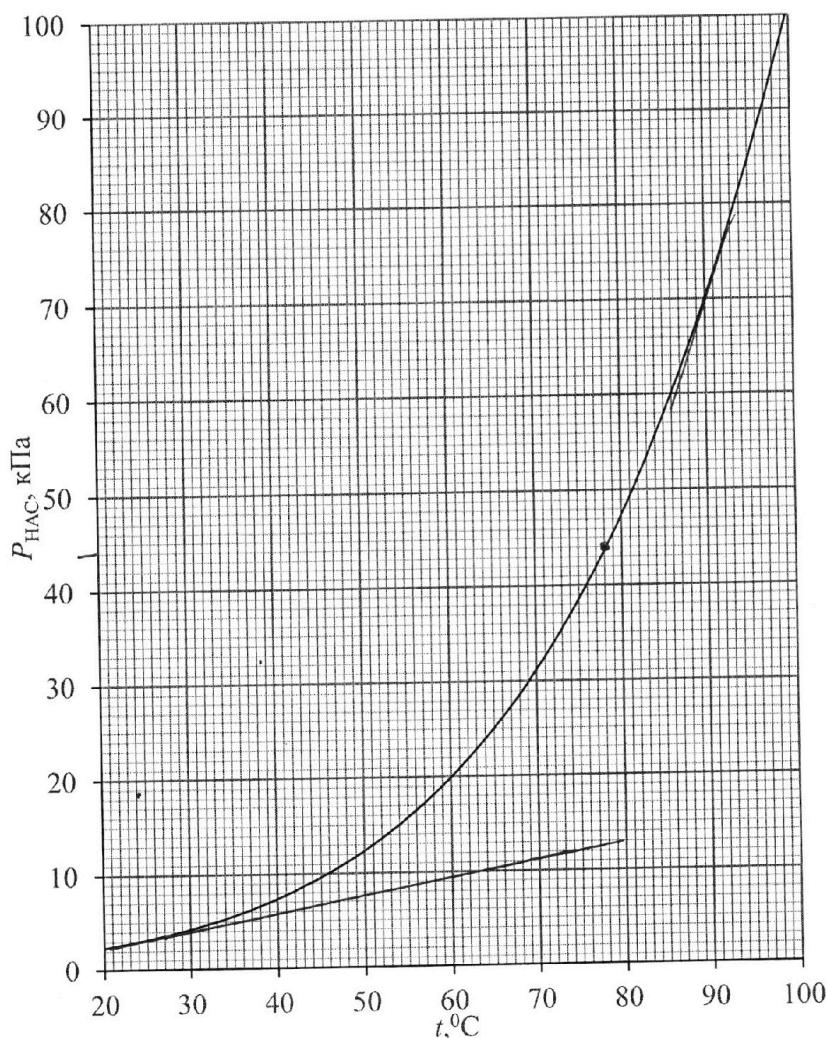


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

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





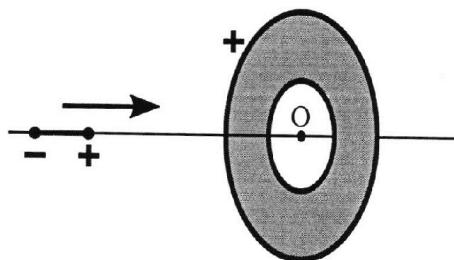
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

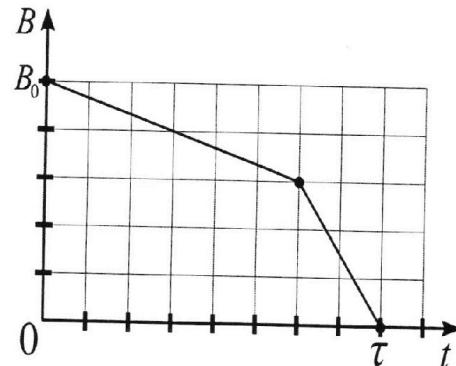
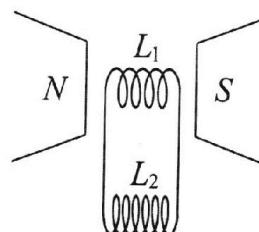
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

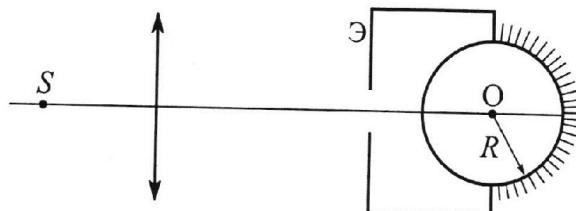
4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени t . 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 , удалённый 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.

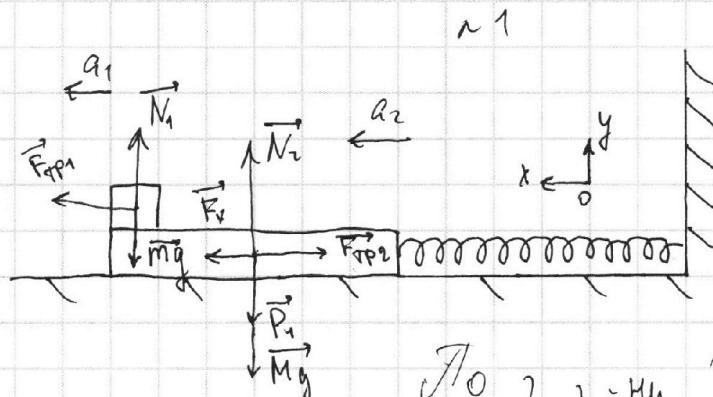
Отражение света от наружной поверхности шара пре небрежимо мало. Экран \mathcal{E} обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

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 |
| <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!



№ 1
3 з-ку жетона:

$$[N_1] = [P_1]$$

$$|F_{TP1}| = |F_{TP2}|$$

№ 2 з-ку жетона дын м.

Ок: $F_{TP1} = Ma_1 = ma_1 \quad (1)$

№ 2 з-ку жетона дын М.

Ок: $F_y = kd = Ma_2 + ma_1 \quad (2)$, d - расстояние между

пружинами $a_1 = a_2$, $d_0 = \frac{(M+m)Mg}{k} \quad (3)$

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

Параллограмм чаки:

$$|d| > d_0 \quad |D_M| \geq |D_m|, \text{ дұрасы оның оның көзінде}$$

$$|d| = d_0 \quad |D_M| > |D_m|, \text{ дұрасы жақыншаған және оның оның көзінде}$$

$d = d_0$ $D_M = D_m = 0 \Rightarrow$ В какой-то момент, что

$a_1 = a_0$, дұрасы жақыншаған жағдайда. — Это при $|d| = d_0$

\Rightarrow м.к. $a_1 = F_{TP1} = \{0, Mg\}$ и дұрасы не удастасы

бүйрек с жолой, то бұрынғы орталық жағдайда равенство

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!

решение от $d_0 = 0$, где A - амплитуда
 \Rightarrow из уравн. получ $d = A \cos(\omega t)$ (3)

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

(5) 6 (4) 6 (2)

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

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

$$T = 2\pi \left(\frac{M+m}{k} \right)^{1/2} (6)$$

3) $\omega =$

$\omega = (6) \quad (1)$

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{M\omega_2^2}{2} + \frac{m\omega_2^2}{2} + \cancel{Mg} \quad \frac{kA^2}{2} = \frac{M\omega_2^2}{2} + \frac{kA^2}{4} + \frac{m\left(Mg \frac{T}{2\pi}\right)^2}{2}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{\frac{kA^2}{2} - m\left(Mg \frac{6}{2\pi}\right)^2}{M}} = \sqrt{\frac{4 - \frac{15}{100}}{4}} = \frac{\sqrt{385}}{20}$$

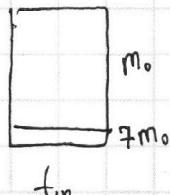
3) Ответ: $\frac{\sqrt{385}}{20}$



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 7СТРАНИЦА
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!

 ~ 2

$\cancel{M_1}$. в результате бы воды
изменяется в пар, то $m_2 = 8m_0$

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

1) Ответ: 8

Из ур-я сол. из. влажн

$$P_{H1}V = \frac{m_0}{M} RT_0, P_{H2}V = \frac{8m_0}{M} RT^* \Rightarrow \frac{T^*}{T_0} = \frac{P_{H2}}{8P_{H1}}, \frac{T^*}{P_{H2}} = \frac{T_0}{8P_{H1}}$$

или же выражение по мол. $\frac{T_0}{8P_{H1}} \approx \frac{185}{187} \cdot 10^{-3}$

$$\frac{P_{H2}}{T^*} = \frac{8P_{H1}}{T_0} \approx \frac{328 \cdot 10^3}{185} - \text{наст. влажн. в норме}$$

$\cancel{M_1}$ ($T^*; P_{H1}$)

$$T^* \approx 78^\circ C$$

2) Ответ: $78^\circ C$

$$\psi = \frac{P_{H2}}{P_{H3}} \approx \frac{44 \cdot 10^3 Pa}{70 \cdot 10^3 Pa} = \frac{22}{35}$$

3) Ответ: $\frac{22}{35}$

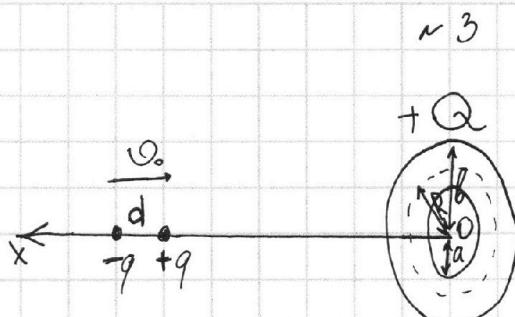


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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



III. к. дик равномерно

заряжен, то есл. можно
занести обруч ~~наружу~~

радиуса $R = \frac{a+b}{2}$, где a - радиус обр., а b -
радиус самого диска, что доказывается
суперпозицией и суммированием сущ.

Энергия ЭЛ. поля на бесконечности равна 0

(1) $E_0 = 0$, мы пыт. определить нал. заряда до $O = x$

$$E_0 = \frac{kq}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{kqQ}{\sqrt{x^2 + d^2 + 2xd + R^2}} \quad (2)$$

Рассмотрим напр. случай, когда мы имеем
через обруч $O \rightarrow 0$, 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 време ^{чеката} вращения диска будем иметь

2) $\boxed{W_{\text{мин}}} > 0$, ЗСД: (см (3))

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{kqQ}{3} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + \frac{d^2}{9}}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(-\frac{d}{3} + d\right)^2}} \right) + \frac{mV_0^2}{2}$$



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. доказано утверждение, что $V_1 = V_0$

1) Ответ: V_0 .

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

Рассмотрим случай, когда $E_3 \rightarrow \max$, Задача: 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 $E_3 \rightarrow \min$, Задача: 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)

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

$$\Rightarrow \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{\text{см (5)(7)}}{\frac{2V_0}{\sqrt{3}}} = \sqrt{2}$$

2) Ответ: $\sqrt{2}$

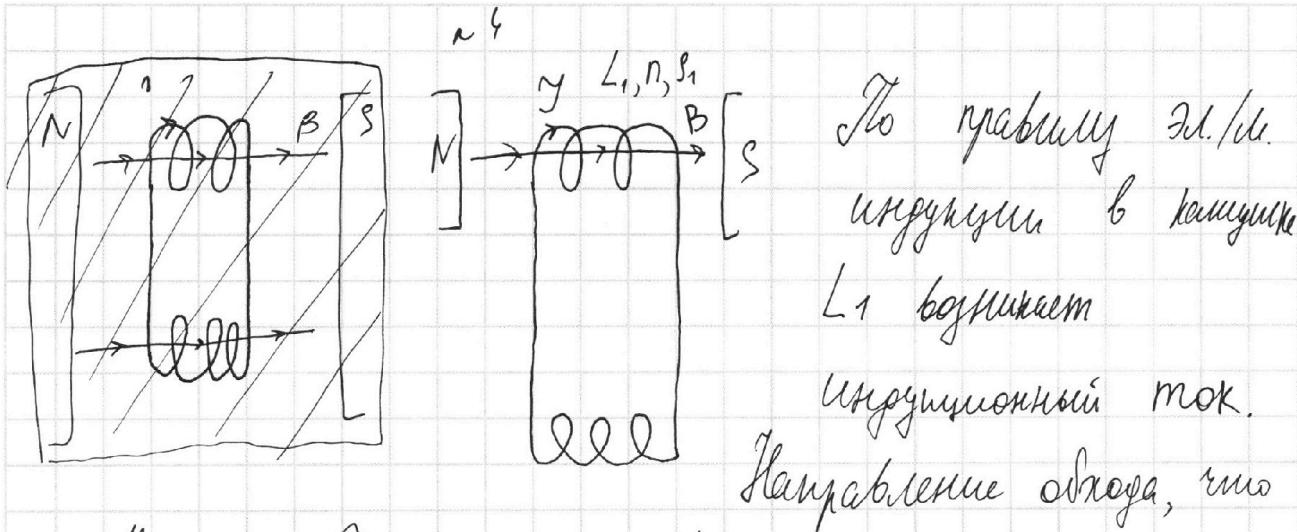


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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



$I > 0$. По II з-му кирхгофа

$E_i + E_{L1} + E_{L2} = 0$, и.к. к.м. сопротивления

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

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

при $t \in [0; \tau]$, то I тоже монотонна на $(\Rightarrow dB > 0)$

$t \in [0; \tau]$, и.к. мы выбрали, что $I > 0$, то

последовательно (2) и получим:

$$I_0 = \frac{B_0 \cdot n \cdot S_1}{(L_1 + L_2)} - ток во всей цепи в начальном состоянии.$$

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

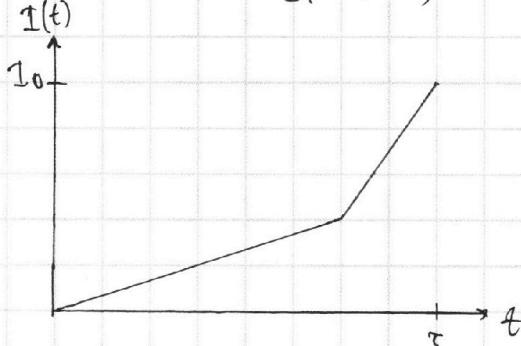


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 1 2 3 4 5 6 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!

$$I(t) = \frac{dB}{dt} \frac{nS_1}{L_1 + L_2}, \quad I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2}$$



$$I(t) = \begin{cases} \frac{2I_0 \cdot 3}{5\pi} \cdot t + 0, & t \leq \frac{2\pi}{3} \\ \frac{3I_0}{5} \frac{3}{\pi} \cdot t + \frac{2I_0}{5}, & t \geq \frac{2\pi}{3} \end{cases}$$

$\Rightarrow q(t) = \int I(t) dt = \frac{3I_0 t^2}{10}, \quad t \leq \frac{2\pi}{3}$

Найдем заряд накопленный во всей цепи, как получают изо графика

$$q_k = \frac{2}{5} I_0 \cdot \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{\left(\frac{2}{5} + 1\right) I_0}{2} \cdot \frac{\pi}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{I_0 \pi}{4} - \text{заряд}$$

проделанный через L_2

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



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 „минда-шар“
собираем с системой источником, следует,
что её можно заменить системой
„минда - зеркало“, что зеркало //
плоскости минда. Из него следует, что
лучи проходящие через систему
минда шар должны уже отражаться
от торка, находящегося в которой //
минде \Rightarrow заменим систему „минда -
шар“ на „минда - зеркало“, где
зркало стоит на расстоянии $10R$.

Причём, по всему ближайшему, изобр от
~~зркала~~ минда должно попадать 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!

чертёжчи

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

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



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**.

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

чертежник

345

4) $\oint \mathcal{E}_{in} + L \frac{dI}{dt} = L \frac{dI}{dt} + \mathcal{E}_{in} = 0$ no π 2-ку

$$\frac{d\Phi}{dt}$$

$$q = \int \frac{dI}{dt} \cdot dt$$

на прям.

5

Движение на сдвиг. Чертежник



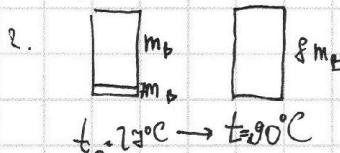
1. равн. тогр. силурая когда тело успевает сдвинуться

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

$$2) a_s = \frac{kA}{M+m}$$

3) 3л).

$$\frac{\beta_0}{t}, \frac{\tau}{\delta}$$



$$\frac{0,7}{3} = \frac{7}{60} \rightarrow \frac{7}{30} = \frac{15}{60} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{0,4}{3} = \frac{4}{20}$$

