



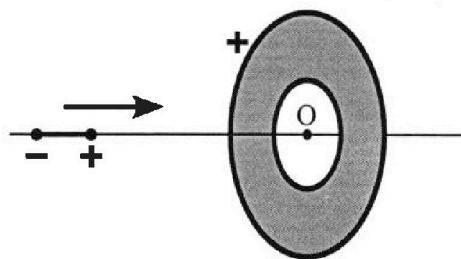
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-01

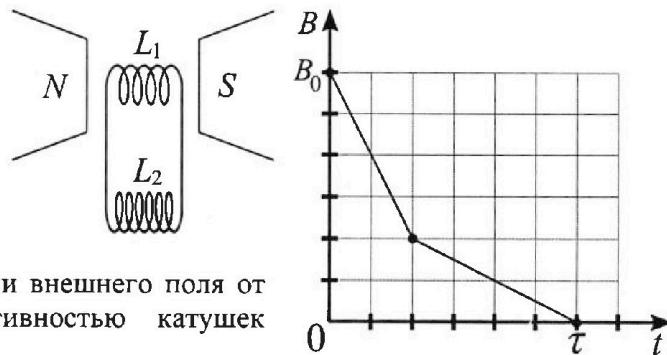
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполю сообщают начальную скорость $2V_0$.



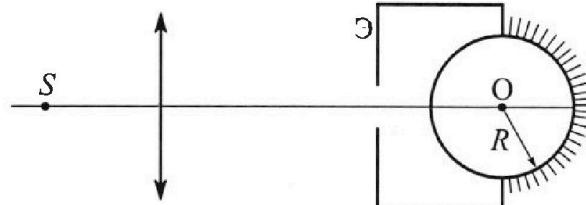
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удалённый от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран \mathcal{E} с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



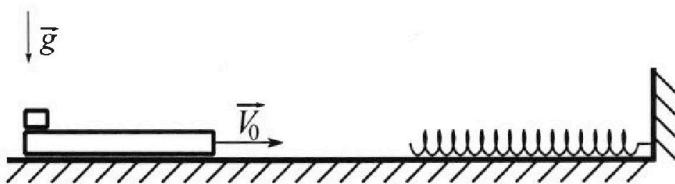
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жесткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

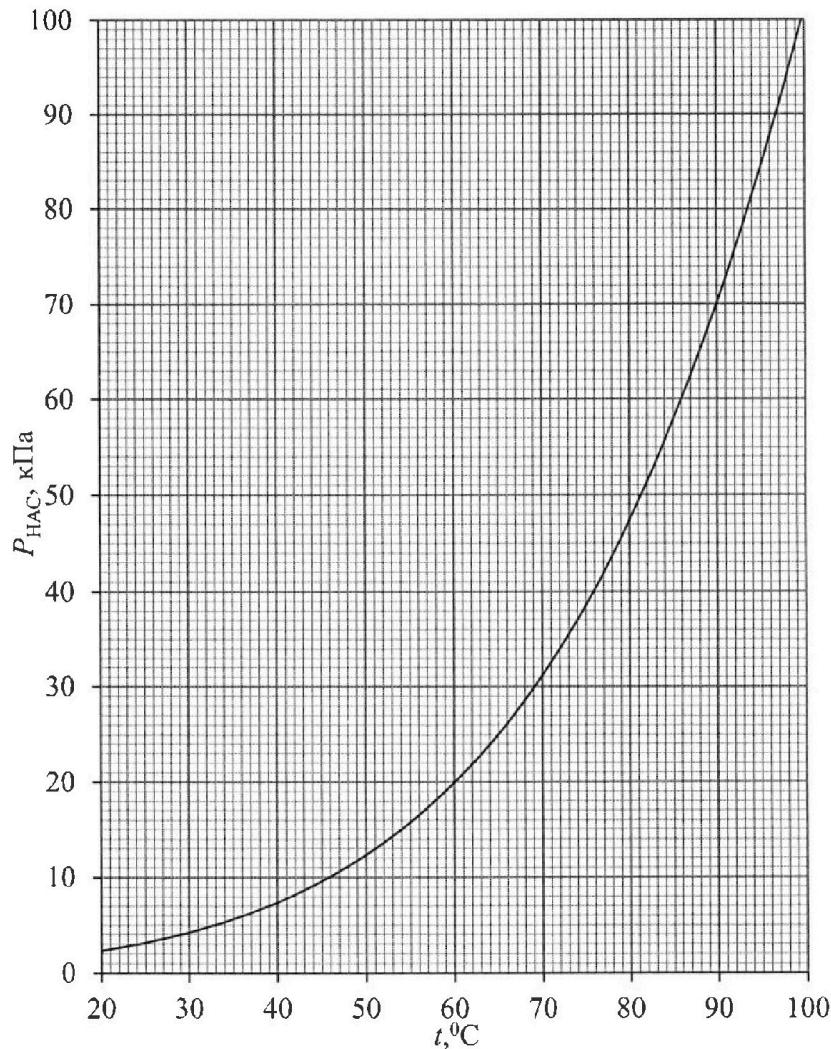


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объём жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





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

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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

$$3C3: \frac{m v_0^2}{2} + \frac{k x_{\max}^2}{2} - \frac{(m+M) v_0^2}{2} = F_{\text{тр}} \cdot l = \mu m g \cdot l$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{k x_{\max}^2}{2} - \frac{(m+M) v_0^2}{2} = \mu m g \cdot \frac{v_0^2}{2 \mu g}$$

$$\Rightarrow \frac{k x_{\max}^2}{2} = \frac{(m+M) v_0^2}{2} \Rightarrow x_{\max} = v_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}}$$

$$\Rightarrow \cancel{Ma = \frac{k v_0}{\sqrt{k}} \sqrt{m+M}} - \mu m g$$

$$a = \frac{v_0}{M} \sqrt{m+M} \sqrt{k} - \mu m g$$

$$Ma = k \cdot \sqrt{\frac{(m+M)}{k} v_0^2} - \mu m g$$

$$a = \frac{\sqrt{(m+M)} v_0 \sqrt{k}}{M} - \frac{\mu m g}{M}$$

$$a = \sqrt{(3+2) \cdot 2 \sqrt{27}} - \frac{0.3 \cdot 1 \cdot 10}{2} = \sqrt{3} \cdot 3 \sqrt{3} - \frac{3}{2} = 9 - \frac{3}{2} = \cancel{9}$$

$$\cancel{a = (g - \frac{3}{2}) \text{ m/c}^2} \quad a = \frac{15}{2} \text{ m/c}^2$$

Ответ: $x_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k} = \frac{1}{3} \text{ м}; \quad t_1 = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \arcsin \frac{\mu g}{v_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}},$

$$t_1 = \frac{\pi}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}; \quad a = \frac{\sqrt{(m+M)k} \cdot v_0}{M} - \frac{\mu m g}{M} = \frac{15}{2} \text{ m/c}^2.$$

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 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!

Дано:

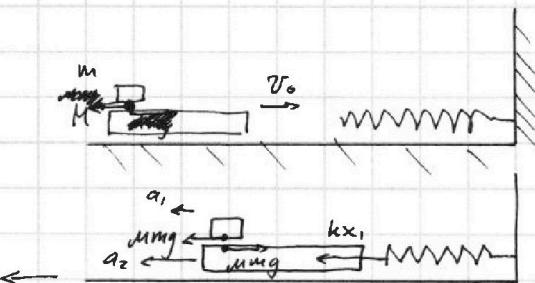
$$M = 2 \text{ кг}; m = 1 \text{ кг}; \\ V_0 = 2 \text{ м/с}; k = 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \\ \mu = 0,3; g = 10 \text{ м/с}^2; \\ \pi = 3$$

1) $x_1 = ?$ (когда патрубки)

2) $t_1 = ?$

3) $a_{\text{max}} = ?$

Решение:



* отн. движение бруска и доски начнется в тот момент, когда $a_2 \geq a_1$. (равнство - приоткл. случаи => то это ищем)

II ЗН_x: $ma_1 = \mu mg$

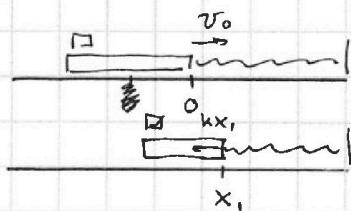
$Ma_2 = kx_1 - \mu mg$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{\mu g}{M} \\ a_2 = \frac{kx_1 - \mu mg}{M} \Rightarrow \frac{kx_1 - \mu mg}{M} \geq \mu g$$

$$x_1 \geq \frac{M\mu g + \mu mg}{k}$$

$$x_1 = \frac{9}{27} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

до начала отн. движения бруска и доски можно записать ур-ние колебаний на систему "брусок + доска"



$x(t) = A \sin \omega t$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$

$x(0) = 0$

$x(t_1) = A \sin \omega t_1 = x_1$

ЗСЭ: $\frac{(M+m)V_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

$$\Rightarrow V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \omega t_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k}$$

$$\sin \omega t_1 = \frac{\mu g (M+m)}{k \cdot V_0} \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} = \frac{\mu g}{V_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\omega t_1 = \arcsin \frac{\mu g}{V_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{M+m}{k}} \arcsin \frac{\mu g}{V_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

момент max ската пружиной

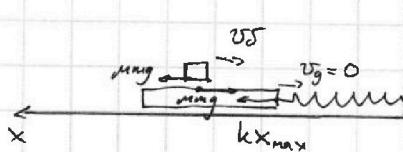
$$t_1 = \sqrt{\frac{2+1}{27}} \arcsin \frac{0,3 \cdot 10}{2} \sqrt{\frac{2+1}{27}} = \frac{1}{3} \arcsin \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{6}$$

$$t_1 = \frac{\pi}{18} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}$$

II ЗН_x: $Ma = kx_{\text{max}} - \mu mg$

Пусть бруском по доске проехал расстояние l и этот момент

$$l = \frac{V_0^2}{2 \mu g}$$





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

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!

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\cancel{P_1}T}{P_4} \cdot \frac{P_2}{\cancel{P_1}T_0} = \frac{P_2 (t + 273)}{P_4 (t_0 + 273)} = \frac{110 \cdot 10^3 (46 + 273)}{140 \cdot 10^3 (86 + 273)} = \frac{11}{14} \cdot \frac{319}{359}$$

$$\boxed{\frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}}$$

Ответ: $P_1 = 40 \text{ кПа}$; $t^* = 76^\circ\text{C}$; $\frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$.

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



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <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!

Дано:

$$P_0 = 150 \text{ Па} = 150 \cdot 10^3 \text{ Па}; \\ t_0 = 86^\circ\text{C}; \varphi_0 = \frac{2}{3} (66,7\%) \\ t = 46^\circ\text{C}$$

- 1) $P_1 = ?$ (пар. давление пары при 86°C)
- 2) $t^* = ?$ (испар. темп. пара)
- 3) $\frac{V}{V_0} = ?$ (в нач. и конц. и нагр. оставление)

Решение:

из графика можно найти давление насыщ. пара при температуре 86°C

$$P_{\text{нп}}(86^\circ) = 60 \text{ Па} = 60 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нп}}(86^\circ\text{C})} = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow P_1 = \frac{2}{3} P_{\text{нп}}(86^\circ\text{C}) = \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10^3$$

$$P_1 = 40 \cdot 10^3 \text{ Па} = 40 \text{ Па}$$

$P_0 = P_1 + P_2$, где P_1 - пар. давление пара при 86°C
 P_2 - пар. давление сухого воздуха

$$\Rightarrow P_2 = P_0 - P_1 = 150 \text{ Па} - 40 \text{ Па} = 110 \text{ Па}$$

ур-ние Менделеева-Клайнеросса

$$P_2 V_0 = \lambda R T_0$$

$$P_1 V_0 = \lambda R T_0$$

$$P_4 V = \lambda R T$$

$$P_3 V = \lambda R T$$

$$P_2^* V^* = \lambda R T^*$$

$$P_1^* T^* = \lambda R T^*$$

P_2^* - пар. давление сухого воздуха при T^*
 P_1^* - пар. давление пара при T^*

но IIЗН

$$P_0 S = M g^{+P_{\text{нп}}S}$$

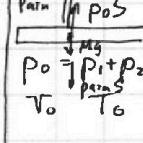
$$P S = M g^{+P_{\text{нп}}S}$$

$$P^* S = M g^{+P_{\text{нп}}S}$$

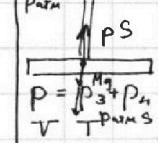
$$\Rightarrow P_0 = P = P^*$$

$$\Rightarrow P_1 + P_2 = P_1^* + P_2^* \\ P_1 + P_2 = P_3 + P_4$$

$$T_0 = t_0 + 273 \\ T = t + 273$$

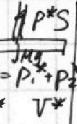


$$T^* = t^* + 273 \\ \text{точка росы}$$



P_3 - пар. давление пара при 46°C

P_4 - пар. давление сухого воздуха при 46°C



$$\Rightarrow \frac{\lambda R T_0}{V_0} + \frac{\lambda R T_0}{V_0} = \frac{\lambda R T^*}{V^*} + \frac{\lambda R T^*}{V^*} \Rightarrow \frac{(2+2) R T_0}{V_0} = \frac{(2+2) R T^*}{V^*}$$

$$\Rightarrow \frac{T_0}{T^*} = \frac{V_0}{V^*} \Rightarrow T^* = T_0 \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow P_1^* T^* \frac{V_0}{T_0} = \lambda R T^*$$

$$\Rightarrow P_1^* = \frac{\lambda R T_0}{V_0} = P_1 = P_{\text{нп}}(t^*) = 40 \text{ Па} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{из графика} \\ t^* = 76^\circ\text{C} \end{array}$$

т.и. при температуре $t^* = 76^\circ\text{C}$ наступит конденсация пара

\Rightarrow при температуре $t = 46^\circ\text{C}$ пар будет насыщ. (т.и. будет боязь)

$$\Rightarrow P_3 = P_{\text{нп}}(46^\circ\text{C}) = 10 \text{ Па}$$

$$P_4 = P_0 - P_3 = 150 \text{ Па} - 10 \text{ Па} = 140 \text{ Па}$$

$$P_2 V_0 = \lambda R T_0, \quad P_4 V = \lambda R T \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{\lambda R T}{\lambda R T_0}$$



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

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
1 из 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!

Дано:

$v_0; 2v_0$

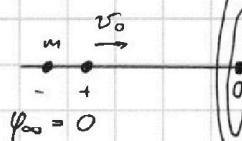
1) $v_i = ?$

2) $v_{\max} - v_{\min} = \Delta v = ?$

Решение:

Рассмотрим случай, когда дискало соодин. мин скорости для пролета v_0 .

m - масса дискала
т. о. - центр колеса



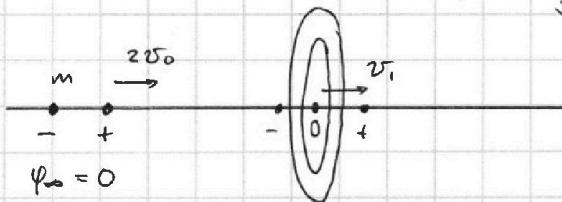
$$\text{ЗСЭ: } \frac{m v_0^2}{2} + W_0 = E_{\text{ки}} + W,$$

т.ч. v_0 - мин необходимая скорость для пролета

=> критический случай
 $\Rightarrow E_{\text{ки}} = 0$

$$\Rightarrow \cancel{\frac{m v_0^2}{2}} = W_i, \quad W_i - \text{потенц. эн-ия дискала при прохождении центра дискала через т. о}$$

Рассмотрим случай, когда дискало соодин. скорости $2v_0$.



$$\text{ЗСЭ: } \frac{m \cdot (2v_0)^2}{2} + W_0 = E_{\text{ки}} + W,$$

W_i - потенц. эн-ия дискала при прохождении центра дискала через т. о не изменилась, т.ч. φ_0 - потенциал, добавленный колесом в т. о и φ - заряд дискала не изменился.

$$\Rightarrow \frac{4m v_0^2}{2} = \frac{m v_i^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} / \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_i^2 = 3v_0^2 \Rightarrow v_i = \sqrt{3} \cdot v_0$$

т.ч. $\max(W)$ потому, что дискало в момент прохождения центра колеса, след. из ЗСЭ мин $E_{\text{ки}}$ у дискала в тот же момент проходит центр колеса.

$$\Rightarrow v_{\min} = v_i$$

из ЗСЭ $\max E_{\text{ки}}$ у дискала на бесконечности, когда (W_0) потенциальная эн-ия у дискала = 0 (т.ч. $\varphi_0 = 0$)

$$\Rightarrow v_{\max} = 2v_0$$

$$[v_{\max} - v_{\min}] = 2v_0 - v_i = 2v_0 - \sqrt{3} \cdot v_0 = [v_0(2 - \sqrt{3}) = \Delta v]$$

Ответ: $v_i = \sqrt{3} \cdot v_0$; $v_{\max} - v_{\min} = v_0(2 - \sqrt{3})$.

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



- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

СТРАНИЦА
1 из 2

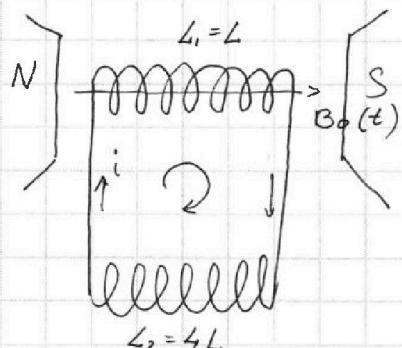
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Dано:

$$\begin{aligned} L_1 &= L; n; S_1; B_0; T; \\ L_2 &= 4L \end{aligned}$$

- 1) $I_o = ?$ (через катушку L_1)
2) $i_1 = ?$ (заряд, протекший)

Решение:



нагрузка соединена
послед. $\Rightarrow i_1 = i_2 = i$

3-й ЗМ шаг:
 $E_{\text{нагр.}} = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = \left| -\frac{\Delta BS_1n}{\Delta T} \right| = \left| -\frac{\left(\frac{2}{3}B_0 - B_0\right)S_1n}{\left(\frac{2}{3}T - 0\right)} \right| = \frac{\frac{4}{3}B_0S_1n}{\frac{2}{3}T} = \frac{2B_0S_1n}{T}$
 однокон. 2-ому правилу Кирхгофа

$$\Rightarrow E_{\text{нагр.}} - L \frac{di}{dt} - 4L \frac{di}{dt} = 0$$

$$E_{\text{нагр.}} = L \frac{di}{dt} + 4L \frac{di}{dt} / dt \dots$$

$$\frac{2B_0S_1n}{T} dt = L di + 4L di / \cancel{dt} \cancel{dt}$$

$$\frac{2B_0S_1n}{T} \cdot \frac{2}{3}T = L(i - 0) + 4L(i - 0) = 5Li, \Rightarrow i_1 = \frac{2B_0S_1n}{15L}$$

3-й ЗМ шаг:

$$E_{\text{нагр.2}} = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = \left| -\frac{\Delta BS_1n}{\Delta T} \right| = \left| -\frac{\left(0 - \frac{2}{3}\right)B_0S_1n}{\left(T - \frac{2}{3}T\right)} \right| = \frac{\frac{2}{3}B_0S_1n}{\frac{1}{3}T} = \frac{B_0S_1n}{2T}$$

$$\Rightarrow E_{\text{нагр.2}} - L \frac{di}{dt} - 4L \frac{di}{dt} = 0$$

$$E_{\text{нагр.2}} = L \frac{di}{dt} + 4L \frac{di}{dt} / dt \dots$$

$$\frac{B_0S_1n}{2T} dt = L di + 4L di / \cancel{dt}$$

$$\frac{B_0S_1n}{2T} \cdot \frac{2}{3}T = L(I_o - i_1) + 4L(I_o - i_1) = 5LI_o - 5Li_1,$$

$$\frac{B_0S_1n}{3} = 5LI_o - 5Li_1 \cdot \frac{2B_0S_1n}{3 \cdot 18k}$$

$$\Rightarrow B_0S_1n = 5LI_o \Rightarrow \boxed{I_o = \frac{B_0S_1n}{5L}}$$

~~Задача~~

L

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
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!

$$\text{Задача: } E_{\text{кин}} \cdot a_1 + E_{\text{кин}} \cdot a_2 = \frac{\frac{1}{2} I_0^2 + \frac{4}{2} I_0^2}{2} = \frac{5 L I_0^2}{2}$$

$$\frac{2 B_0 S_i n}{\tau} \cdot a_1 + \frac{B_0 S_i n}{2\tau} \cdot a_2 = \frac{5 L I_0^2}{2} \quad | \cdot \frac{\tau}{B_0 S_i n}$$

$$2 a_1 + \frac{1}{2} a_2 = \frac{5 L I_0^2}{2 B_0 S_i n} \cdot \tau$$

~~При этом~~ суммарный поток через 2 катушки сохраняется

$$\boxed{a_1 = \frac{B_0 S_i n}{5 L} \cdot \tau}$$

~~аналогично~~

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{B_0 S_i n}{5 L}; \quad a_1 = \frac{B_0 S_i n \tau}{5 L}.$$

L

L

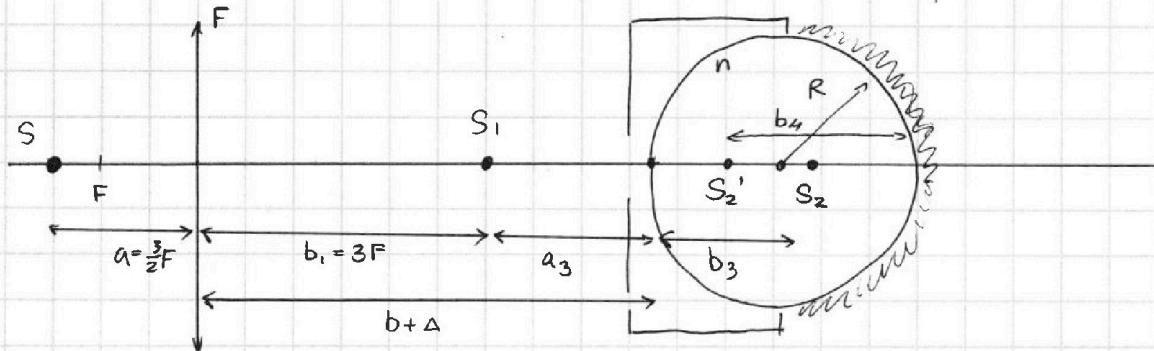
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Назовем эту оптику оптикой толстой линзы ($\Phi_{\text{тол.1}}$)



$$b + \Delta = \frac{8}{3}F + 2F = \frac{8+6}{3}F = \frac{14}{3}F > b_1, \quad b + \Delta - b_1 = a_3 = \frac{14}{3}F - 3F = \frac{5}{3}F$$

запишем $\Phi_{\text{тол.1}}$:

$$\frac{1}{a_3} + \frac{n}{b_3} = \frac{n-1}{R}$$

$$\Phi_{\text{C3}}: \frac{1}{2R-b_3} + \frac{1}{b_4} = \frac{2}{R}$$

~~$$\Phi_{\text{тол.1}}: \frac{n}{2R-b_4} + \frac{1}{a_5} = \frac{n-1}{R}$$~~

~~$$\Rightarrow b_3 = 2R - b_4$$~~

~~$$b_4 = 2R - b_3$$~~

~~$$\Rightarrow \frac{1}{2R-b_3} + \frac{1}{2R-b_3} = \frac{2}{R} \Rightarrow 2R-b_3=R$$~~

~~$$\Phi_{\text{тол.1}}: \frac{n}{2R-b_4} + \frac{1}{a_5} = \frac{n-1}{R} = \frac{n-1}{R}$$~~

~~$$\Phi_{\text{ТА1}}: -\frac{1}{a_5} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{n}{2R-b_4} - \frac{n-1}{R} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$~~

множит на a

$$\Rightarrow \frac{1}{b_4} = \frac{2}{R} - \frac{1}{2R-b_3} = \frac{4R-2b_3-R}{(2R-b_3)R} = \frac{3R-2b_3}{(2R-b_3)R} \Rightarrow b_4 = \frac{(2R-b_3)R}{3R-2b_3}$$

$$\Rightarrow \frac{n}{b_3} = \frac{n-1}{R} - \frac{1}{a_3} = \frac{a_3(n-1)-R}{a_3R} \Rightarrow b_3 = \frac{a_3Rn}{a_3(n-1)-R}$$

$$b_3 = \frac{\frac{5}{3}F \cdot \frac{5}{3}Fn}{\frac{5}{3}F \cdot n - \frac{5}{3}F - \frac{1}{3}F} = \frac{\frac{5}{3}F^2n}{\frac{5}{3}Fn - 2F}$$

$$\frac{n}{2R-\frac{2R^2-b_3R}{3R-2b_3}} - \frac{n-1}{R} + \frac{2}{3F} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{n(3R-2b_3)}{6R^2-4R \cdot b_3 - 2R^2 + Rb_3} - \frac{n-1}{\frac{1}{3}F} = \frac{1}{3F}$$

т.ч. изображение источника в системе оправа совпадает с источником

\Rightarrow изображение после прохождения лучами света шара должно совпадать с изобр. S_1 .

т.ч. $\Phi_{\text{ТА1}}$ работает в обратную сторону только так же

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow b_1 = f$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow a_4 = a_3$$

I-

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"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\frac{n \left(3 \cdot \frac{1}{3}F - 2 \cdot \frac{\frac{5}{9}F^2 n}{\frac{5}{3}Fn - 2F} \right)}{4 \cdot \frac{1}{9}F^2 - 4 \cdot \frac{1}{3}F \cdot \frac{\frac{5}{9}F^2 n}{\frac{5}{3}Fn - 2F}} = \frac{1}{3F} + \frac{3(n-1)}{F}$$

$$\frac{n \left(\frac{5}{3}F^2 n - 2F^2 - \frac{10}{9}F^2 n \right)}{\cancel{4 \cdot \frac{5}{3}F^3 n} - \cancel{4 \cdot 2F^3} - \cancel{\frac{4}{3} \cdot \frac{5}{9}F^3 n}} = \frac{1+9(n-1)}{3F} = \frac{1+9n-9}{3F} = \frac{9n-8}{3F}$$

$$\frac{n F^2 \left(\frac{5}{3}n - 2 - \frac{10}{9}n \right)}{F^3 \left(\frac{20}{27}n - \frac{8}{9} - \frac{20}{27}n \right)} = \frac{9n-8}{3F}$$

$$\frac{9}{8}n \left(\frac{10}{9}n + 2 - \frac{5}{3}n \right) = \frac{9n}{3} - \frac{8}{3}$$

$$\frac{5}{4}n^2 + \frac{9}{4}n - \frac{15}{8}n^2 = \cancel{\frac{9}{8}n} 3n - \frac{8}{3}$$

$$-\frac{5n^2}{8} + \frac{9}{4}n - \frac{12}{4}n + \frac{8}{3} = 0$$

$$-\frac{5n^2}{8} - \frac{3}{4}n + \frac{8}{3} = 0$$

$$\frac{5n^2}{8} + \frac{3n}{4} - \frac{8}{3} = 0 \quad | \cdot 24$$

$$15n^2 + 18n - 64 = 0 \quad | \cdot 15, m = 15n$$

$$\begin{cases} m^2 + 270m - 960 = 0 \\ \end{cases}$$

~~15n^2 + 270n - 960 = 0~~

отсюда можно выразить n

$$\frac{D}{4} = 81 + 60 \cdot 64$$

$$n = \frac{-18}{305} \pm \frac{\sqrt{81+60 \cdot 64}}{15}$$

$$n = -\frac{3}{5} \pm \frac{\sqrt{3921}}{15}$$

Ответ: $R = \frac{1}{3}F$; $n = -\frac{3}{5} + \frac{\sqrt{81+60 \cdot 64}}{15}$.

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"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 3

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

Дано:

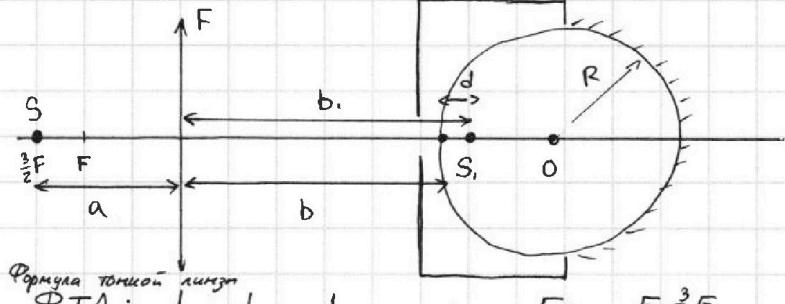
$$F; a = 1,5F = \frac{3}{2}F; \\ b = \frac{8}{3}F \rightarrow S_1 \text{ и } S_2 \text{ изображ. совпадают при любом } n$$

1) $R = ?$

$$\Delta = 2F \rightarrow S_1 \text{ и } S_2 \text{ изображ. совпадают}$$

2) $n = ?$

Решение:



$$\text{ФТЛ: } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b_1 = \frac{Fa}{a-F} = \frac{F \cdot \frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F-F} = 3F$$

$b_1 > b$, изображение, даваемое линзой внутри шара

1) если в такой системе "линза-шар" изображение источника при любом изображателе и совпадает с самим источником, то пусть $n = 1$

Формула сферич. зеркала

$$\text{ФСЗ: } \frac{1}{2R-(b_1-b)} + \frac{1}{b_2} = \frac{2}{R} ; \leftarrow \frac{1}{2R-d} + \frac{1}{b_2} = \frac{2}{R}$$

т.к. изображение системы "линза-шар" совпадает с самим источником, то значит и изображение (S_2) после прохождения сферич. зеркала должно совпадать с изобр. (S_1)

т.к. ФТЛ в обратную сторону тоже гласит же

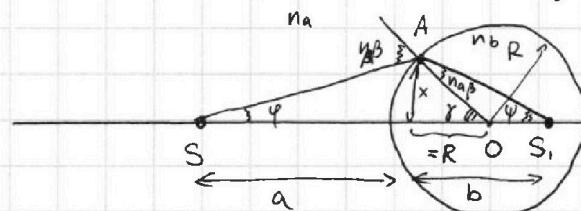
$$\frac{1}{b_1} + \frac{1}{a} = \frac{1}{F}$$

$$\Rightarrow 2R-d = b_2 \Rightarrow \frac{1}{2R-d} + \frac{1}{2R-d} = \frac{2}{R} ; \frac{2}{2R-d} = \frac{2}{R}$$

$$\Rightarrow 2R-d = R ; R = d ; \cancel{\text{Решение}}$$

$$R = b_1 - b = 3F - \frac{8}{3}F = \frac{(9-8)}{3}F = \boxed{\frac{1}{3}F}$$

Заметим, что для толстых линз верно следующее



$$\Rightarrow \frac{x \cdot n_b}{R} - \frac{x \cdot n_a}{R} = \frac{x \cdot n_a}{a} + \frac{x \cdot n_b}{b} \mid :x$$

$$\frac{n_b - n_a}{R} = \frac{n_a}{a} + \frac{n_b}{b}$$

для большей ясности запись

$$\Delta \text{SAO: } n_b \cdot \beta = \gamma + \varphi$$

$$\Delta \text{S,AO: } \gamma = n_a \beta + \varphi \mid \cdot n_b$$

$$\gamma \cdot n_b = n_a \cdot \varphi + n_a \cdot \gamma + \varphi \cdot n_b$$

т.к. углы малые \Rightarrow

$$\tan \gamma = \gamma = \frac{x}{R}, \tan \varphi = \frac{x}{b} \approx \varphi$$

$$\tan \varphi \approx \varphi = \frac{x}{a}$$

для большей ясности запись

$$\frac{n_b - n_a}{-R} = \frac{n_a}{a} + \frac{n_b}{b}$$

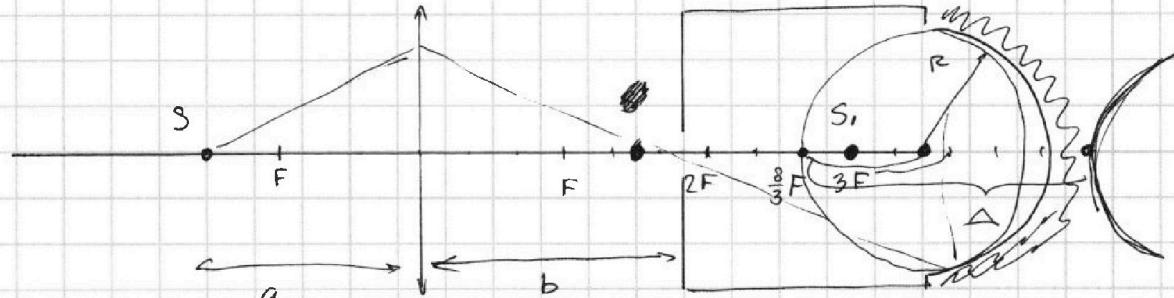
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

N=5



$$\text{ПТА: } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{Fa}{a-F} = \frac{F \cdot \frac{3}{2}F}{\frac{3}{2}F - F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$

$$3F - \frac{8}{3}F = \frac{9-8}{3}F = \frac{1}{3}F$$

$$\frac{1}{2R - \frac{1}{3}F} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

$$b = 2R - \frac{1}{3}F$$

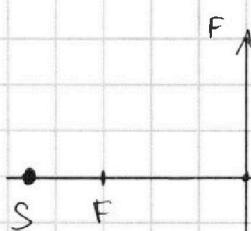
$\frac{16}{3}$
5, 3

$$\Rightarrow \frac{2}{2R - \frac{1}{3}F} = \frac{2}{R} \Rightarrow 2R - \frac{1}{3}F = R$$

$$R = \frac{1}{3}F$$

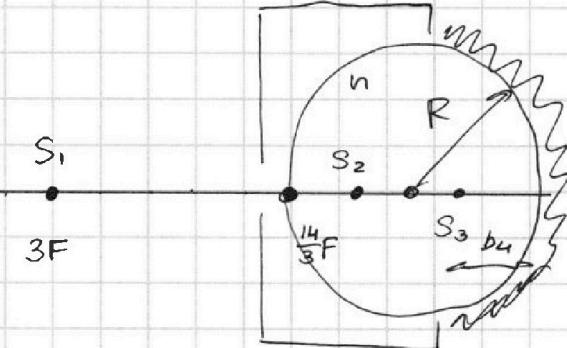
$$\frac{8}{3}F + 2F = \frac{8+6}{3}F = \frac{14}{3}F$$

$$\frac{2}{3}F + \frac{1}{3}F = \frac{1}{F}$$



$$\frac{1}{a_3} + \frac{n}{R} = \frac{n-1}{R}$$

$$S_1 \\ 3F$$



Ф-ла Шлифовальница

$$\frac{1}{a_3} + \frac{n}{b_3} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{n}{b_3} = \frac{n-1}{R} - \frac{1}{a_3}$$

$$\text{Ф-ла: } \frac{1}{2R-b_3} + \frac{1}{b_4} = \frac{2}{R}$$

Ф-ла Шлифовальница

$$\frac{n}{2R-b_4} + \frac{1}{a_4} = \frac{1-n}{-R} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{14-9}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\Rightarrow b_3 = R$$

$$\frac{1}{2R-b_3} +$$

$$a_4 = a_3 \Rightarrow b_4 = b_3 \\ 2R - b_4 = b_3$$



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
— 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!

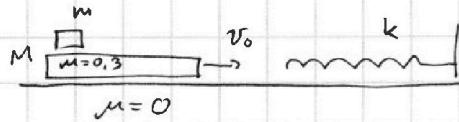
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

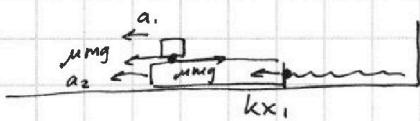
СТРАНИЦА
ИЗ

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



$$\mu = 0$$



$$\Rightarrow U = \cancel{\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt}}$$

$$U_i = -L \frac{di}{dt} - 4L \frac{di}{dt}$$

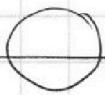
$$U \cdot \Delta t = -\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$$

$$a_1 < a_2$$

$$\mu mg < kx_1 - \mu mg$$

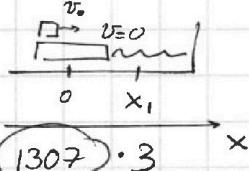
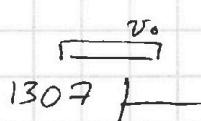
$$2\mu mg < kx_1$$

$$|x_1| \geq \frac{2\mu mg}{k}$$



1

исследование



$$x(t) = A \cdot \sin \omega t$$

$$x(0) = 0$$

$$x(t_1) = A \cdot \sin \omega t_1 = x,$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$m\ddot{x} = -kx$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad \frac{3921}{1307} \quad \frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3840}{3921}$$

$$+ \frac{8}{1} = \frac{3840}{3921}$$

$$x(t_1) = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_1 = \frac{2\mu mg}{k} \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t_1 = \frac{2\mu mg}{v_0 \sqrt{k}} \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \arcsin$$

$$960 = 96 \cdot 10$$

$$480 \cdot 2$$

$$320 \cdot 3$$

$$A F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$- \frac{96}{8} / \frac{14}{16} = - \frac{96}{16}$$

$$- \frac{96}{16} / \frac{13}{16} = - \frac{96}{320}$$

$$A F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$l = \frac{v_0^2}{2mg}$$

$$l = \frac{v_0^2}{2mg}$$

$$3C9: \frac{m v_0^2}{2} + \frac{k x_{\max}^2}{2} \cdot \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

$$= \mu mg l = \mu mg \cdot \frac{v_0^2}{2mg}$$

$$\frac{k x_{\max}^2}{2} = \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

(15n)

(+1)

(5n)

(3n)

(c)

(+1)

(15n)

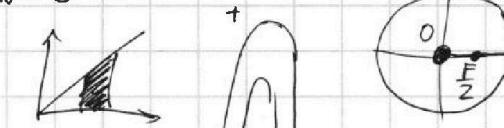
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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



$\varphi_0 = \leftarrow$ потенциал диска б р. 0

$$3C\Theta: \frac{m v_0^2}{2} = \cancel{\text{W}} \quad \cancel{\text{W}}$$

$$\int \frac{dt}{t} = - \frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{2}{R}$$

$$3C\Theta: \frac{4m v_0^2}{2} = \frac{m v_i^2}{2} + \cancel{\text{W}}$$

$$\frac{60}{3} = 20 \cdot 2 = 40$$

$$a = R \quad \frac{4m v_0^2}{2} = \frac{m v_i^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{1}{b_5} = n \left(\frac{b_5 - R}{b_5 R} \right) \quad \frac{1}{b_4} + \frac{n}{b_5} = \frac{n-3}{2} v_0^2 = v_i^2 \Rightarrow v_i = \sqrt{3} v_0$$

$$B_{\text{con}} = \mu_0 n \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{2R - b_3} \right)$$

$$\frac{t^2}{2} \quad \frac{n}{2R - b_5} + \frac{1}{a_3} = \frac{1-n}{-R} = \frac{n-1}{R}$$

$$Q: - \angle \frac{di}{dt} - 4L \frac{di}{dt} = 0$$

$$- \angle \frac{di}{dt} = 4L \frac{di}{dt} \quad \frac{28}{3} \approx 9,3$$

$$- \angle di = 4L di$$

$$- \angle (i_0 - i) = 4L (i_0 - i)$$

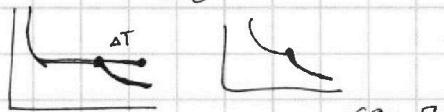
$$\begin{aligned} & \angle \Phi_1 B_0 \\ & \text{1io 2} \\ & 4L \quad \Phi_1 \\ & S \quad \alpha R - b_5 = b_3 \\ & B(t) = -2t + 6B_0 \\ & y = -2x \\ & y = -2x + 6B_0 \\ & \times 11 \quad \begin{array}{r} 2 \\ 3 \\ 359 \\ \hline 319 \end{array} \\ & \times 14 \quad \begin{array}{r} 2 \\ 3 \\ 359 \\ 1436 \\ \hline 359 \end{array} \\ & \hline 3509 \quad 5026 \end{aligned}$$

$$\text{Euny} = \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{\Delta B S_{in}}{\Delta t} = \frac{\frac{2}{6} B_0 S_{in}}{\frac{2}{6} t} = 2 \frac{B_0 S_{in}}{t} = \angle i, \quad 319$$

$$\Phi_2 = \frac{\Delta B S_{in}}{\Delta t} = \frac{\frac{2}{6} B_0 S_{in}}{\frac{4}{6} t} = \frac{B_0 S_{in}}{2t} = \angle i_2 \quad \begin{array}{r} 2 \\ 3 \\ 359 \\ \times 14 \\ \hline 1436 \end{array}$$

$$\textcircled{2} \quad - \angle \frac{di}{dt} - 4L \frac{di}{dt} = 0$$

$$- \angle (i_2 - 0) = 4L (i_2 - 0)$$



напа 60 кПа

$$\begin{aligned} & P_0 \\ & P_0 = 150 \text{ кПа} \\ & t_0 = 86^\circ C \\ & P_0 = \frac{2}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1273}{319} + \frac{273}{359} \\ & + \frac{46}{319} + \frac{86}{359} \\ & t = 46^\circ C \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ 5 \\ \hline 28 \\ 39 \end{array}$$

норм. напа

$$P_0 = P_1 + P_2 \quad P = P_3 + P_4$$

$$\frac{P_1}{P_1 \text{ нп} (86)} = \varphi_0$$

$$P_2 \varphi_0 = \partial R T_0 \quad P_4 \varphi_0 = \partial R T$$

$$P_1 \varphi_0 = \partial R T_0 \quad P_2 \varphi_0 = \partial R T$$

$$P_2 \varphi_0 = \partial R T$$

$$P_4 \varphi_0 = \partial R T$$

$$t = 100^\circ C \quad \frac{\partial R T_0 \cdot 2 P_0}{V_0} \frac{\partial R T^*}{V^*} + \frac{\partial R T^*}{V^*} =$$

$$\frac{(\partial R T_0 \cdot 2 P_0)}{V_0} \frac{(\partial R T^*)}{V^*} =$$