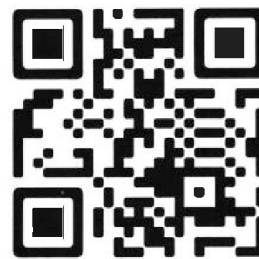




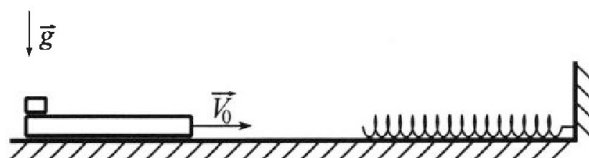
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

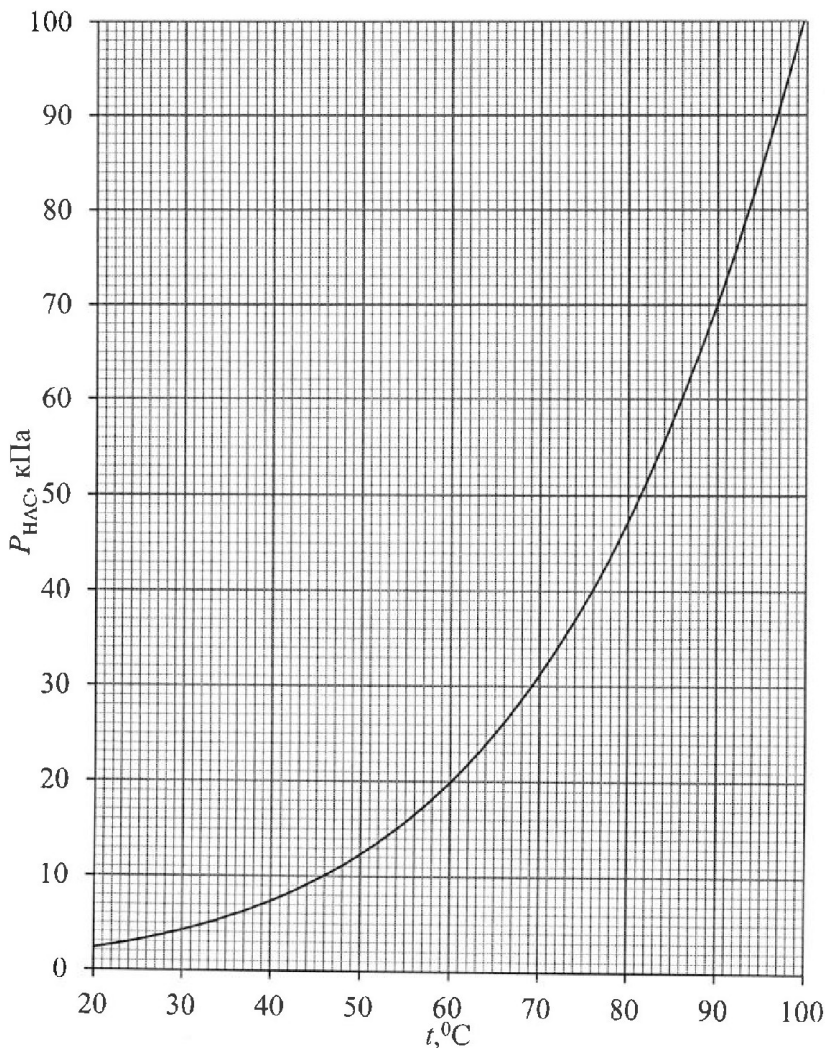


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

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

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





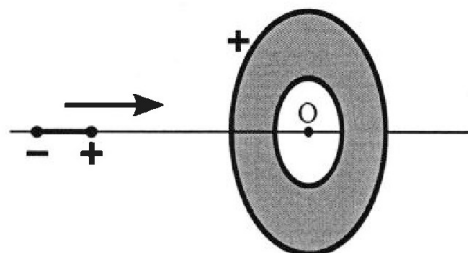
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

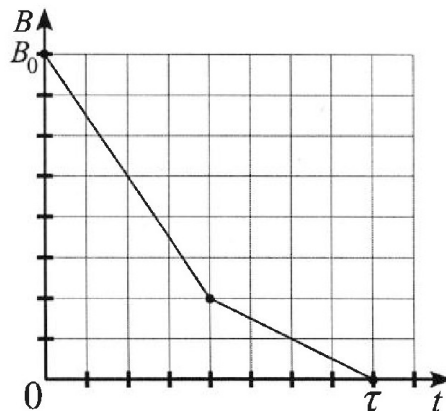
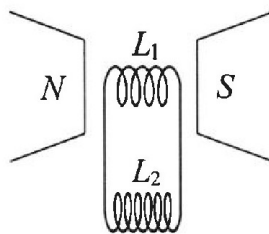


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



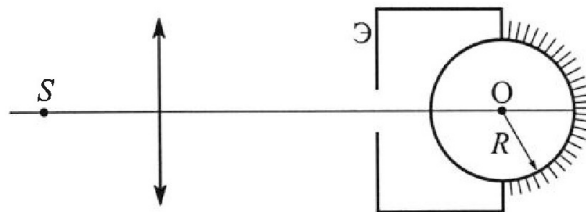
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



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

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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

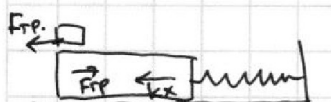


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☒2
☐3
☐4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
1 из 3

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

1) Расставим горизонтальные силы, действующие на доску и брусок.



x - сжатие пружины

В момент, когда начнется относительное движение доски и бруска $F_{тр} = \mu mg$, скорость и ускорение доски и бруска одинаковы.

Тогда

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$Ma = kx - \mu mg$$

$\Rightarrow$ ~~задача~~

$$x = \frac{(M+m)\mu g}{k} = \frac{3m \cdot 0.3 \cdot 10^2}{36 \frac{H}{M}} = 0.25m$$

2) Для произвольного момента времени (до начала отл. движ. и после соприкосн. с пружиной):

$$ma = F_{тр}$$

$$Ma = kx - F_{тр}$$

$$(m+M)a = kx$$

$$(m+M)\ddot{x} + kx = 0$$

$$x = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

$$v = A \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

В начальный момент ($t=0$) $v = v_0$

Т.е. $A \sqrt{\frac{k}{M+m}} = v_0 \Rightarrow A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

$$x = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

В какой-то момент времени τ

$$x = \frac{(M+m)\mu g}{k}$$

$$\frac{(M+m)\mu g}{k} = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \tau\right)$$



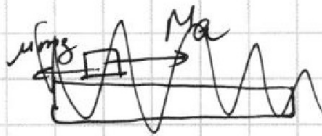


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 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!



$$Ma = kx - \mu mg$$

$$ma = Ma - \mu mg$$

$$\sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{\mu g}{\sin \alpha} = \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t \right)$$

$$\sqrt{\frac{3k}{36 \frac{M}{c^2}}} \cdot \frac{0,3 \cdot 10 \frac{M}{c^2}}{1 \frac{M}{c}} = \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \tau \right) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sqrt{\frac{k}{M+m}} \tau = \frac{\pi}{3}$$

$$\tau = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \sqrt{\frac{1}{12}} c$$

3) В момент ~~начала~~ максимального сжатия пружины скорость груза равна 0. Найдем П.З.И. для неё.

$$Ma = kx - \mu mg$$

$$M\ddot{x} + kx = \mu mg$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M} x = \mu g \frac{m}{M}$$

$$x = A \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \varphi_0 \right) + \frac{\mu mg}{k}$$

В нач. момент $v = \sqrt{\frac{k}{M}} A \cdot \cos \left(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \varphi_0 \right)$

В нач. момент времени $x = \frac{(M+m)\mu g}{k}$



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!

Скорость в начальный момент найдем из формул п. 2

$$v_{\text{нач.}} = v_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right) = \frac{v_0}{2}$$

$$\frac{v_0}{2} = \sqrt{\frac{k}{M}} A \cdot \cos(\varphi_0)$$

$$\frac{(M+m)mg}{k} = A \sin(\varphi_0) + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\frac{v_0}{2} = \sqrt{\frac{k}{M}} A \cdot \cos \varphi_0$$

$$\frac{\mu Mg}{k} = A \sin \varphi_0$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{2\mu Mg}{v_0 \cdot k}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{2\mu g}{v_0} \sqrt{\frac{M}{k}} = \sqrt{2}$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$A = \frac{5v_0}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

В момент, когда $v=0$ $\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \varphi_0\right) = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \left| \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \varphi_0\right) \right| = 1$$

$$a = -\frac{k}{M} A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} t + \varphi_0\right)$$

Т.е. в момент максимального растяжения пружины

$$\begin{aligned} |a| &= \frac{k}{M} \cdot \frac{5v_0}{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{5v_0}{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = \\ &= \frac{5}{2} \cdot \frac{M}{c} \sqrt{\frac{2kc}{36M}} = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{M}{a} = \frac{5\sqrt{2}}{12} \frac{M}{c^2} \end{aligned}$$



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!

Т.к. смесь находится под поршнем, то суммарное давление водяного пара и сухого воздуха не меняется.

1) Из графика находим $p_{\text{нас.сух.}}(t=97^\circ\text{C}) = 90 \text{ кПа}$

$$\varphi_0 = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{нас.сух.}}} \Rightarrow p_{\text{пара}} = p_1 = 30 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{возг.}} = p_0 - p_{\text{пара}} = 75 \text{ кПа}$$

2) Когда начнется конденсация пара, его давление станет равным $p_{\text{пара}}' = p_{\text{нас.сух.}}(t=t^*)$. $p_{\text{возг.}}' = p_0 - p_{\text{пара}}'$

До этого и водяной пар, и сухой воздух ведут себя как идеальные газы.

$$p_{\text{пара}} V_0 = \nu_{\text{пара}} R T_0$$

$$p_{\text{пара}}' V_1 = \nu_{\text{пара}} R T^*$$

$$p_{\text{возг.}} V_0 = \nu_{\text{возг.}} R T_0$$

$$p_{\text{возг.}}' V_1 = \nu_{\text{возг.}} R T^*$$

$$\frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{возг.}}} = \frac{p_{\text{пара}}'}{p_{\text{возг.}}'} = \frac{p_{\text{пара}}'}{p_0 - p_{\text{пара}}'} = \frac{p_{\text{пара}}}{p_0 - p_{\text{пара}}}$$

$$p_{\text{пара}} = p_{\text{пара}}' = p_{\text{нас.сух.}}(t=t^*) = 30 \text{ кПа}$$

Из графика находим $t^* = 69^\circ\text{C}$

3) Для начального момента $p_{\text{возг.}} V_0 = \nu_{\text{возг.}} R T_0$

Для конечного $p_{\text{возг.}}'' V_{\text{г}} = \nu_{\text{возг.}} R T$

При этом т.к. в смеси и вода, и водяной пар, то





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!

$$p_{\text{пара}}'' = p_{\text{насыщ.}}(t = 33^{\circ}\text{C}) = 5 \text{ кПа.}$$

$$\text{Тогда } p_{\text{возг.}}'' = p_0 - p_{\text{пара}}'' = 100 \text{ кПа}$$

$$\frac{p_{\text{возг.}} V_0}{p_{\text{возг.}}'' V_1} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_{\text{возг.}} \cdot T}{p_{\text{возг.}}'' \cdot T_0} = \frac{\overset{1}{25} \overset{17}{34} \text{ кПа} \cdot 306 \text{ К}}{\underset{4}{100} \text{ кПа} \cdot \underset{80}{240} \text{ К}} = \frac{17}{20}$$

$$\text{Ответ: 1) } p_1 = 30 \text{ кПа}$$

$$2) t^* = 69^{\circ}\text{C}$$

$$3) \frac{V}{V_0} = \frac{17}{20}$$



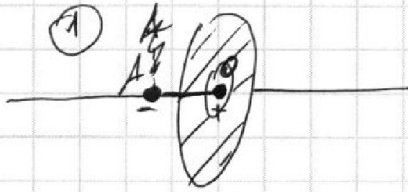
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

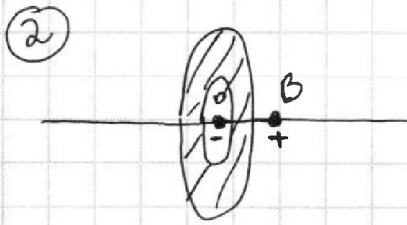
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

Во пролёта диполь замедляется (т.к. положительный заряд ближе к диску, чем отрицательный, а значит отталкивается от диска сильнее, чем отрицательный притягивается).



В момент ① диполь находится разобщенное (отриц. заряд притягивается к полож. заряженному диску)



После момента ① и до момента ② отриц. заряд продолжает притягиваться к диску, полож. заряд продолжает отталкиваться от диска. Обе силы действуют вправо, диполь разгоняется.

Значит в момент ① скорость диполя V_1 — минимальна за время пролёта, в момент ② V_2 — максимальная.

Когда диполь совершил пролёт, нулю, когда

$V_1 \geq 0$. Значит, начальная скорость $v = v_0$ соответствует случаю, когда $\sigma_1 = 0$.

Пусть φ — потенциал диска в точке A, из сообр. симметрии в точке B такой же потенциал.

Пусть в точке O потенциал φ_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

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!

$$\text{Тогда } \frac{m v_0^2}{2} = -q \cdot \varphi + q \cdot \varphi_0 = q(\varphi_0 - \varphi).$$

Когда ^{центр} диполя проходит через центр отверстия:

$$\frac{m \left(\frac{3}{2} v_0 \right)^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + q \cdot \varphi - q \cdot \varphi$$

$$\text{Т.е. } v = \frac{3}{2} v_0$$

Запишем 3(7) для (1) и (2)

$$(1): \frac{m \left(\frac{3}{2} v_0 \right)^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} - q \cdot \varphi + q \cdot \varphi_0 = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_1^2 = \left\{ \frac{9}{4} v_0^2 - v_0^2 = \frac{5}{4} v_0^2 \right.$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$

$$(2): \frac{m \left(\frac{3}{2} v_0 \right)^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} - q \varphi_0 + q \cdot \varphi = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_2^2 = v_0^2 + \frac{9}{4} v_0^2 = \frac{13}{4} v_0^2$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{3}{2} v_0; \quad 2) \sqrt{\frac{13}{5}}.$$

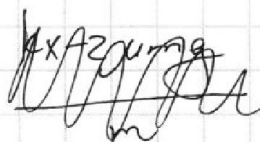
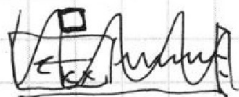


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



Изменение потока через первую катушку приводит к возникновению в ней ЭДС и тока.

$$-S_1 \cdot \frac{dB}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

$$-S_1 \cdot dB = L \cdot dI$$

$$S_1(B_0 - B) = LI$$

В конце компенсации внеш. поле $B=0$, тогда

$$I_0 = \frac{B_0 S_1}{L}$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$S_1 B_0 - S_1 B = L \frac{dq}{dt}$$

$$QL = \int_0^{\tau} S_1 B_0 dt - \int_0^{\tau} S_1 B dt =$$

$$= S_1 B_0 \tau - S_1 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau \right)$$

$$= S_1 B_0 \tau - S_1 \left(\frac{3}{16} B_0 \tau + \frac{1}{8} B_0 \tau + \frac{1}{16} B_0 \tau \right) =$$

$$= \frac{5}{8} S_1 B_0 \tau$$

$$Q = \frac{5 S_1 B_0 \tau}{8 L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 S_1}{L}$, 2) $Q = \frac{5 S_1 B_0 \tau}{8 L}$

$\int_0^{\tau} B dt$ находим
или площадь
под графиком $B(t)$



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!

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving a block on a horizontal surface and a spring.

Diagram 1 (Top Left): A block of mass m is shown on a horizontal surface. A spring with stiffness k is attached to the block and a wall. The displacement of the spring is x . The acceleration of the block is a .

Diagram 2 (Top Right): A free-body diagram of the block. Forces shown are gravity mg acting downwards, normal force N acting upwards, spring force kx acting to the right, and friction force μmg acting to the left.

Equations:

$$ma = kx - \mu mg$$
$$kx = (1 + \mu)mg$$
$$a = \frac{kx}{m} = \frac{(1 + \mu)mg}{m}$$
$$a = (1 + \mu)g$$

Diagram 3 (Bottom Left): A right-angled triangle with sides 1 , $\sqrt{2}$, and hypotenuse 5 . The angle between the hypotenuse and the side of length 1 is 40° .

Diagram 4 (Bottom Right): A free-body diagram of the block. Forces shown are gravity mg acting downwards, normal force N acting upwards, spring force kx acting to the right, and friction force μmg acting to the left. The angle between the spring force and the horizontal is $90^\circ - \varphi$.

Equations:

$$mg = kx + \mu mg$$
$$\frac{k}{m}x = \mu g$$
$$x = A$$

Final Calculation:

$$\frac{2 \mu g \sqrt{M}}{50 \sqrt{k}} = 2.0,3 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2}{36 \cdot 18}}$$
$$\frac{6}{3 \sqrt{2}}$$



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 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!

Т.к. изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом n , рассмотрим случай, когда $n=1$.

Пусть b — расстояние от линзы до изображения, если бы не было шара.

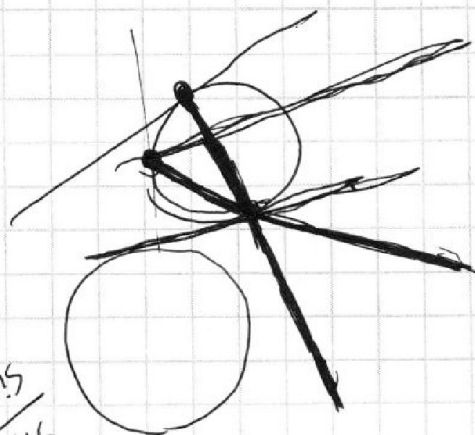
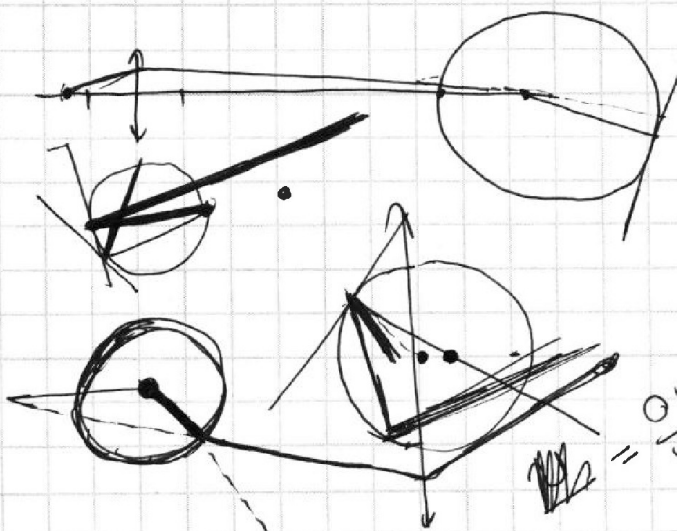
$$\text{Тогда } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}, \text{ т.е. } \frac{10}{11F} + \frac{1}{b} = \frac{11}{11F}$$
$$b = 11F.$$

Пусть радиус $R < 0,25F$.



Тогда после отражения все лучи будут как бы выходить из некоторой точки B' на оси GOO , при этом $LB' < LB$, а значит изображение точки B' находится не в точке A .

Пусть $R > 0,25F$.



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



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!

$$\varphi = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{R^2 + l^2})$$

~~mda~~

$$\frac{\mu_0 \sigma^2}{2} = q\varphi$$

$$L \frac{dI}{dt} = S_1 \frac{dB}{dt}$$

$$L dI = S_1 dB$$

$$L(I - I_0) = S_1(B - B_0)$$

$$LI = S_1(B_0 - B)$$

$$I = \frac{S_1 B_0}{L}$$

$$L \frac{dQ}{dt} = S_1(B_0 - B)$$

$$L dQ = S_1 B_0 dt - S_1 B dt$$

$$LQ = S_1 B_0 \tau - S_1 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} \tau \cdot \frac{1}{2} \right)$$

$$LI$$

$$L dI = S dB$$

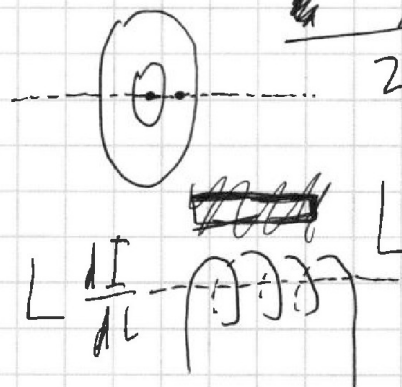
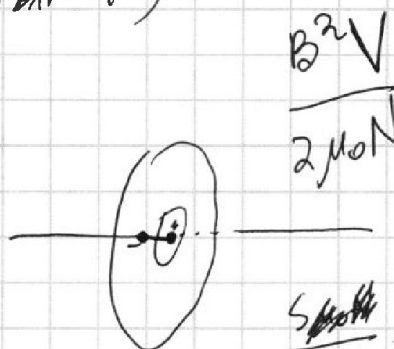
$$L = S \cdot \frac{dB}{dI} = \frac{S \mu_0 N}{e}$$

$$\mu_0 n I = B l$$

$$I = \frac{B l}{\mu_0 N}$$

$$L$$

$$\frac{\mu_0 n I}{e}$$



$$\frac{3}{16} + \frac{1}{16}$$

$$\frac{2}{8} + \frac{1}{8}$$



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!

Handwritten solution for the electric field and potential of a uniformly charged ring of radius R and total charge Q .

Diagrams show the ring, a point at distance x from the center, and a differential element dn at distance r from the point.

Electric field calculation:

$$E(r) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{r}{\sqrt{R^2 + r^2}} - \frac{r}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)$$

Potential calculation:

$$\varphi(r) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\sqrt{R^2 + r^2} - \sqrt{R^2 + x^2} \right)$$

Final result for the potential at distance x :

$$\frac{Q}{2\epsilon_0} = \sigma \left(\sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{R^2 + r^2} \right)$$



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!

$$kx = (M+m)a$$

$$x = \int a dt$$

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{(M+m)v^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

$$Ma = \mu mg + kx - \mu mg$$

$$ma = \mu mg$$

$$a = \frac{\mu mg}{m}$$

$$M\mu g = \mu mg + kx$$

$$M\mu g = kx$$

$$v = \int kx dt$$

$$(M+m)(v_0 - v) = 0$$

$$\frac{3}{2} = \frac{3}{2}v^2 + \frac{36 \cdot 4 \cdot \frac{1}{4}}{2\sqrt{3}} \cdot 2$$
$$v = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$ma = \mu mg$$

$$\mu mg = \frac{kx}{2}$$

$$Ma = \mu mg + kx - \mu mg$$

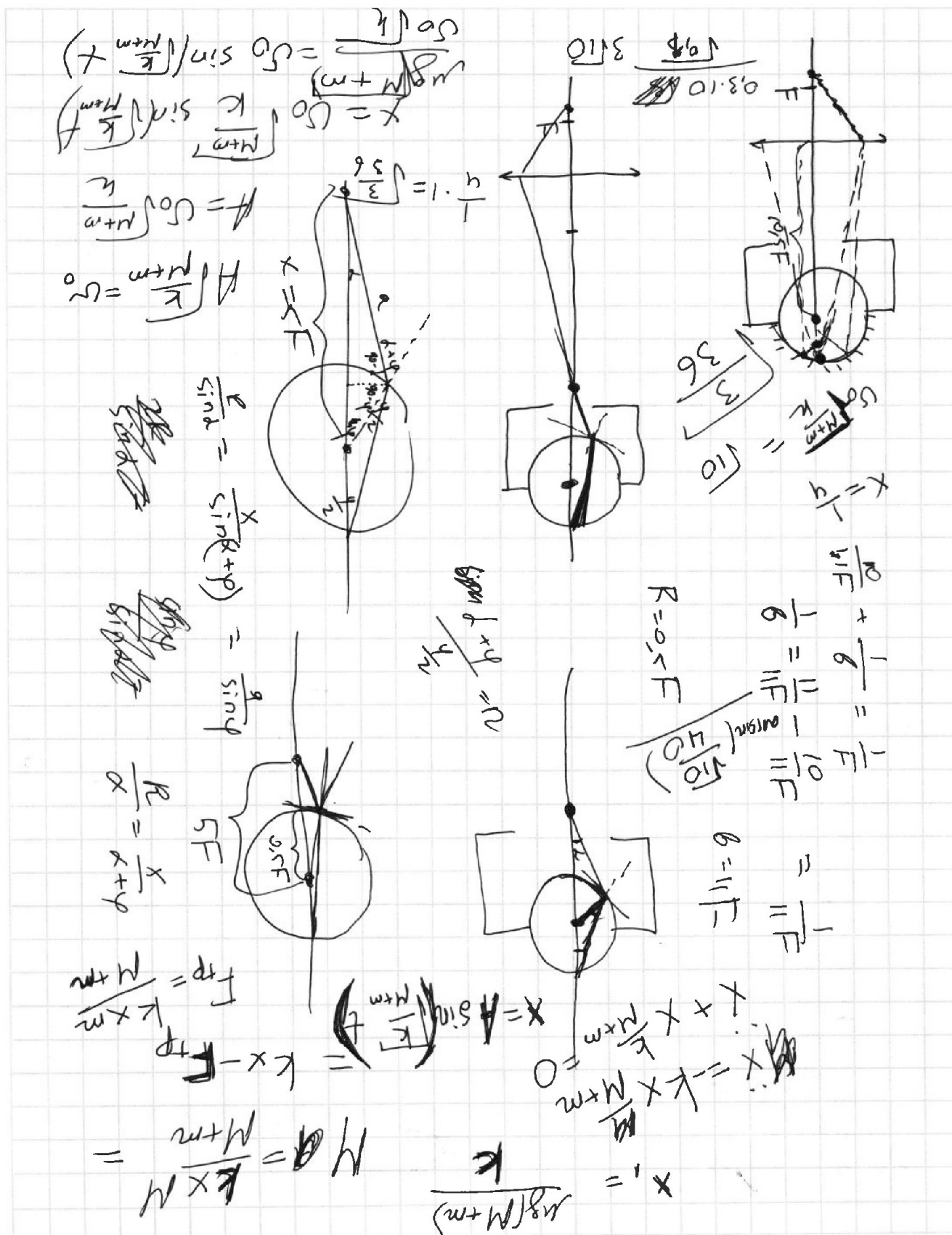
$$\mu mg = m a$$

$$\frac{\mu g(M-m)}{36} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{36} = \frac{1}{12} \mu$$

$$\mu g(M+m) = kx$$
$$x = \frac{\mu g(M+m)}{k}$$

$$\frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{36} = \frac{1}{12} \mu$$
$$M = 75 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} \mu g = \frac{1}{2} \mu g$$
$$\frac{1}{2} \mu g = \frac{1}{2} \mu g$$



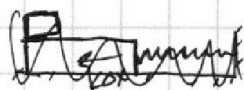


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$$\frac{P}{P_{\text{атмос.}}} = \varphi$$

$$\begin{aligned} P_{\text{атм}}' &= 5 \text{ кПа} \\ P_{\text{атм}} &= 60 \text{ кПа} \\ P_{\text{возд.}} &= 45 \text{ кПа} \\ P_{\text{возд.}}' &= 100 \text{ кПа} \end{aligned}$$

$$\frac{2kQ}{R^2} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)$$

$$P_{\text{атм}} V_0 = \nu R T_0$$

$$P_{\text{атм}}' =$$

$$t^*$$

$$P_{\text{атм}}' = P_{\text{атмос.}}(t^*)$$

$$P_{\text{возд.}}' = P_0 - P_{\text{атм}}'$$

$$P_{\text{возд.}} \cdot V_0 = \nu R T_0$$

$$P_{\text{возд.}}' V_1 = \nu R T^*$$

$$P_{\text{атм}} \cdot V_0 = \nu R T_0$$

$$P_{\text{атм}}' \cdot V_1 = \nu R T^*$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$P_0 V_1 = \nu R T^*$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$P_{\text{атм}}$$

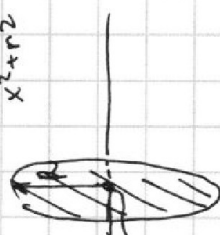
$$P_{\text{возд.}} V_0 = \nu R T_0$$

$$P_{\text{возд.}}' V = \nu R T$$

$$\frac{P_{\text{возд.}}'}{P_{\text{возд.}}} \cdot \frac{V_0}{V} = \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P_{\text{возд.}}'}{P_{\text{возд.}}}$$



$$\frac{q}{k} \frac{1}{x^2 + R^2}$$



$$\frac{kQx}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$R \int_0^x \frac{2\pi R^2 \cdot 2\pi R^2 \cdot x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} dx$$

$$= \frac{kQx}{R^2} \int_0^x \frac{2\pi R^2 \cdot 2\pi R^2 \cdot x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} dx$$

$$= -2 \frac{kQx}{R^2} \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \Big|_0^x + \frac{2kQ}{R^2} \frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} \Big|_0^x$$



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!

none gusna

$E = \frac{2kQ}{R^2} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)$

$\sigma = \frac{Q}{\pi R^2}$

$a \rightarrow \infty$

$a^{-1/2}$

$2 \cdot a^{1/2}$

$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot a^{-1/2}$

$2 \cdot a^{1/2}$

$\frac{1}{2} \cdot a^{-1/2}$

$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right) - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)$

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)$

$1 + \frac{R^2}{2a^2}$

$\frac{aR^2}{1 + \frac{R^2}{2a^2}}$

$\frac{1}{a}$

$\int_{-\infty}^l \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left\{ \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} dx - \int_{-\infty}^l \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} dx \right.$

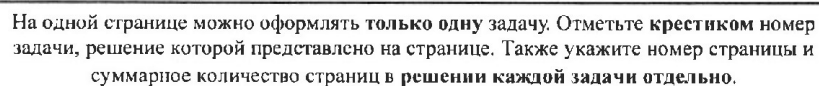
$\left. \frac{R^2 - R^2}{2a^3} \right.$

$\frac{d(x^2 + R^2)}{2} = 2x dx$

$\frac{\sigma}{4\epsilon_0} \left(\int_{-\infty}^l \frac{d(x^2 + R^2)}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \int_{-\infty}^l \frac{d(x^2 + R^2)}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$

$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{x^2 + R^2} \Big|_{-\infty}^l - \sqrt{x^2 + R^2} \Big|_{-\infty}^l$

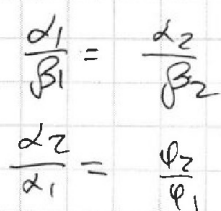
$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{R^2 + l^2} \right)$



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!



$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

$$\frac{x}{\sin \alpha_2} = \frac{R}{\sin \varphi_2}$$

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \varphi_1}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

