



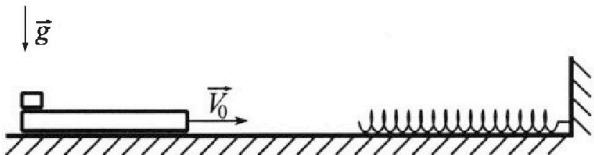
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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 брускок 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

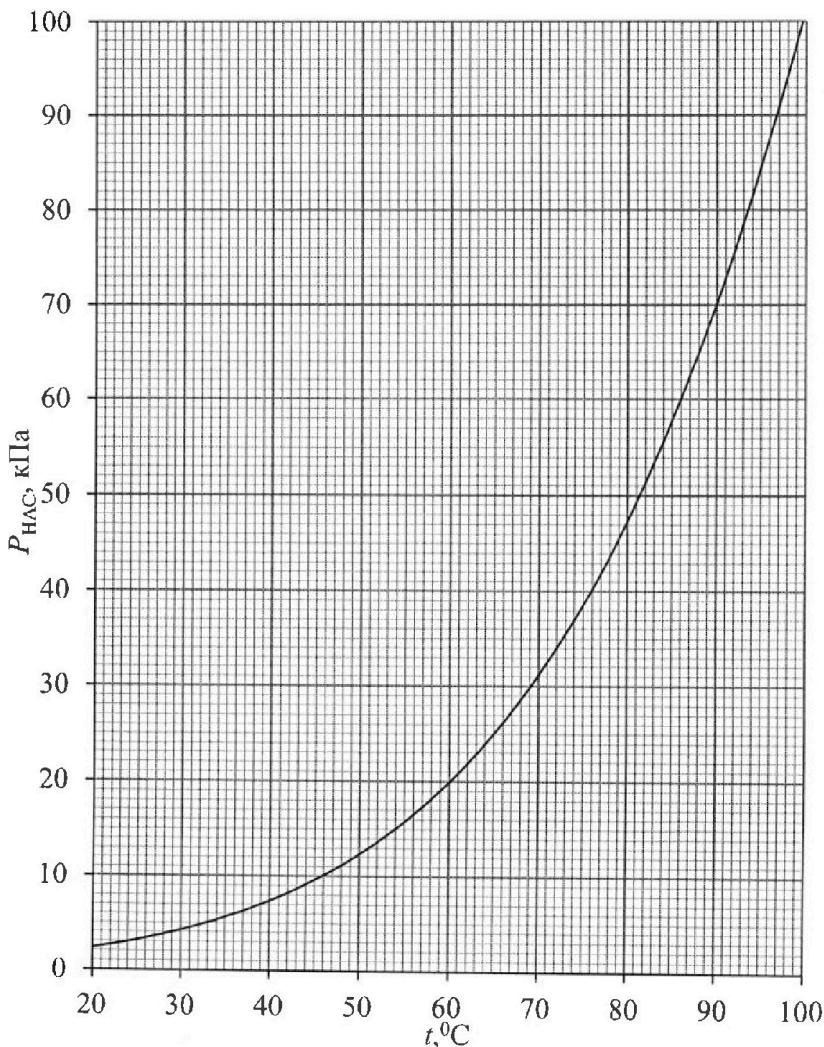


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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  $\phi_0 = 1/3$  (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.

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

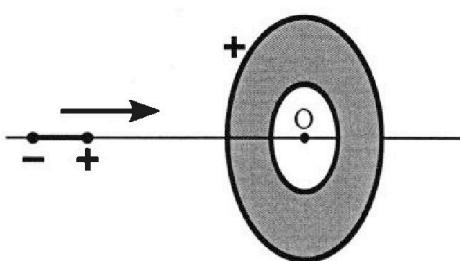


**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 11-03**

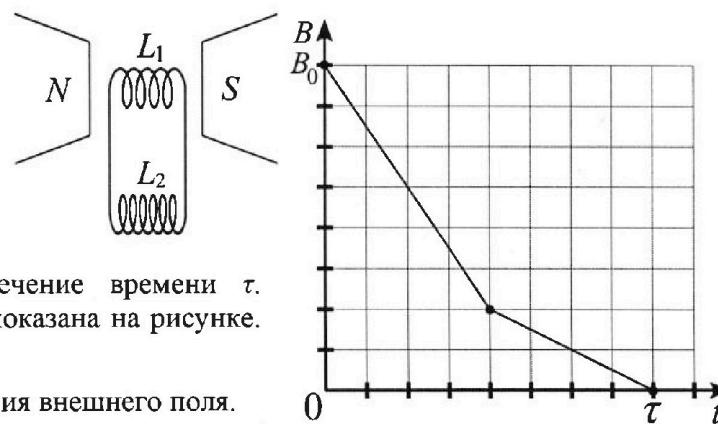
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

**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  $V_0$ . Диполю сообщают начальную скорость  $\frac{3}{2}V_0$ .



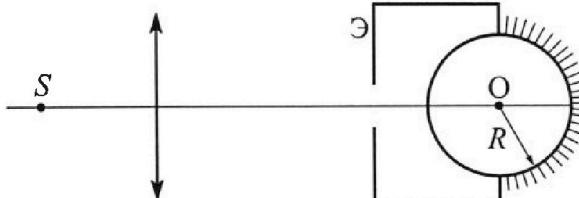
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

**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  $t$ . 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  $a = 1,1F$  (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  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



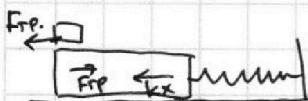
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 из 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 горизонтальное сила, действующие на доску и бруска.



x - сжатие пружины

В момент, когда начнете относительное движение доску и бруска  $F_{tr} = \mu mg$ , скорость и ускорение доски и бруска одинаково.

Тогда

$$ma = \mu mg$$

$$Ma = kx - \mu mg$$

$\Rightarrow a_{\text{доска}}$

$$a = \mu g$$

$$x = \frac{(M+m)\mu g}{k} = \frac{3m \cdot 0,3 \cdot 10 \frac{m}{s^2}}{36 \frac{N}{m}} = 0,25 m$$

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

$$ma = F_{tr}$$

$$Ma = kx - F_{tr}$$

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

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

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

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

В начальный момент ( $t=0$ )  $v = v_0$

$$\text{T.e. } A \sqrt{\frac{k}{M+m}} = v_0 \Rightarrow A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

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

В исходный момент времени  $\approx$

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

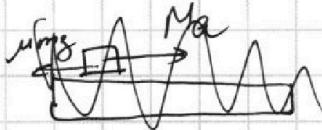


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$Ma = kx - \mu mg$$

$$ma = Ma - \mu mg$$

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

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

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

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

$$t = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \sqrt{\frac{1}{12}} \text{ с}$$

3) В момент ~~столкновения~~ максимального сжатия пружины скорость засы равна 0. Напишем II З.И. для неё.

$$Ma = kx - \mu mg$$

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

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

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

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

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



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.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
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 найдём из формулы п.2

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

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

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

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

$$\frac{\mu M g}{k} = A \sin \varphi_0$$

$$\tan \varphi_0 \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = 2 \frac{\mu M g}{v_0 \cdot k}$$

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

$$\text{следовательно } \cos \varphi_0 = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$A = \frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{N}{k}}$$

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

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

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

т.е. в момент максимального отклонения пружины

$$|a| = \frac{k}{M} \cdot \frac{v_0}{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{k}} = \frac{v_0}{2} \cdot \sqrt{\frac{N}{k}} = \\ = \frac{5}{2} \cdot \frac{M}{C} \sqrt{\frac{2 \mu g}{36 \frac{N}{M}}} = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{3 \sqrt{2}} \frac{M}{C^2} = \frac{5 \sqrt{2}}{12} \frac{M}{C^2}$$



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.

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. смеcь находящие под горшком, то суммарное давление водяного пара и сухого воздуха не меняется.

1) Из графика находим  $p_{\text{насыщ}}(t = 97^\circ\text{C}) = 90 \text{ kPa}$

$$\varphi_0 = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ}}} \Rightarrow p_{\text{пара}} = p_0 = 30 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{возд}} = p_0 - p_{\text{пара}} = 75 \text{ Pa}$$

2) Когда начнётся конденсация пара, его давление станет равным  $p_{\text{пара}'} = p_{\text{насыщ}}(t = t^*)$ .  $p_{\text{возд}}' = p_0 - p_{\text{пара}'}$

До этого и водяной пар, и сухой воздух будут сидеть как идеальное газы.

$$p_{\text{пара}} V_0 = V_{\text{пара}} R T_0 \quad p_{\text{пара}'} V_1 = V_{\text{пара}} R T^*$$

$$p_{\text{возд}} V_0 = V_{\text{возд}} R T_0 \quad p_{\text{возд}'} V_1 = V_{\text{возд}} R T^*$$

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

$$p_{\text{пара}} = p_{\text{пара}'} = p_{\text{насыщ}}(t = t^*) = \\ = 30 \text{ kPa}$$

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

3) Для начального момента  $p_{\text{возд}} V_0 = V_{\text{возд}} R T_0$

$$\text{Для конечного} \quad p_{\text{возд}''} V_1 = V_{\text{возд}} R T$$

При этом т.к. в сосуде и вода, и водяной  $\xrightarrow{\text{(воды)}}$  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!

$$P_{\text{наг}}'' = P_{\text{насогр.}}(t = 37^\circ\text{C}) = 55 \text{ kPa}.$$

$$\text{Тогда } P_{\text{бозг.}}'' = P_0 - P_{\text{наг}}'' = 100 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_{\text{бозг.}} V_0}{P_{\text{бозг.}}'' V_1} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_{\text{бозг.}} \cdot T}{P_{\text{бозг.}}'' \cdot T_0} = \frac{\frac{1}{25} \text{ kPa} \cdot \frac{306}{34} \text{ K}}{\frac{100}{42} \text{ kPa} \cdot \frac{270}{80} \text{ K}} = \frac{17}{20}$$

$$\text{Объем: 1) } P_1 = 30 \text{ kPa}$$

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

$$3) \quad \frac{V}{V_0} = \frac{12}{20}$$

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

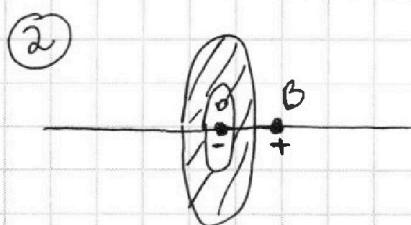
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

До пролёта диска замедляется (т.к. пологачелевой заряд ближе к диску, чем отрицательный, а значит отталкивается от диска сильнее, чем отрицательной притягивается).



В момент ① диполь начинает разгоняться (отриц. заряд притягивается к полог. заряду, находящемуся на диске)



После момента ① и до момента ② оторв. заряд продолжает приближаться к диску, пологачел. 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.

Чтобы диполь совершил пролёт, нужно, чтобы  $v_1 \geq 0$ . Значит, начальная скорость  $v = v_0$  соответствует случаю, когда  $\phi_i = 0$ .

Рассмотрим  $\varphi$ -потенциал диска в точке A, а в сообр. симметрии в точке B такой же потенциал.

Рассмотрим в точке O потенциал  $\varphi_0$ .

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.











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!

$$\text{Тогда } \frac{m\omega_0^2}{2} = -q\cdot\varphi + q\cdot\varphi_0 = q(\varphi_0 - \varphi).$$

*Когда* <sup>шар</sup> *заполняется* *протекает* *через* *шар* *отверстие*:

$$\frac{m\left(\frac{3}{2}\omega_0\right)^2}{2} = \frac{m\omega^2}{2} + q\cdot\varphi - q\cdot\varphi$$

$$\text{T.e. } \omega = \frac{3}{2} \omega_0$$

Запишем 3(7) где ① и ②

$$①: \frac{m\left(\frac{3}{2}\omega_0\right)^2}{2} = \frac{m\omega_1^2}{2} - q\cdot\varphi + q\cdot\varphi_0 = \frac{m\omega_1^2}{2} + \frac{m\omega_0^2}{2}$$

$$\omega_1^2 = \left\{ \frac{9}{4} \omega_0^2 - \omega_0^2 = \frac{5}{4} \omega_0^2 \right.$$

$$\omega_1 = \frac{\sqrt{5}}{2} \omega_0$$

$$②: \frac{m\left(\frac{3}{2}\omega_0\right)^2}{2} = \frac{m\omega_2^2}{2} - q\varphi_0 + q\cdot\varphi = \frac{m\omega_2^2}{2} - \frac{m\omega_0^2}{2}$$

$$\omega_2^2 = \omega_0^2 + \frac{9}{4} \omega_0^2 = \frac{13}{4} \omega_0^2$$

$$\omega_2 = \frac{\sqrt{13}}{2} \omega_0$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{3}{2} \omega_0; 2) \sqrt{\frac{13}{5}}.$$



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.

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

✓ ✓ ✓

Михаил

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

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

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

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

В конце движение внеш. потока  $B=0$ , тогда

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

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

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

$$Q L = \int_0^\infty S_1 B_0 dt - \int_0^\infty S_1 B dt =$$

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

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

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

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

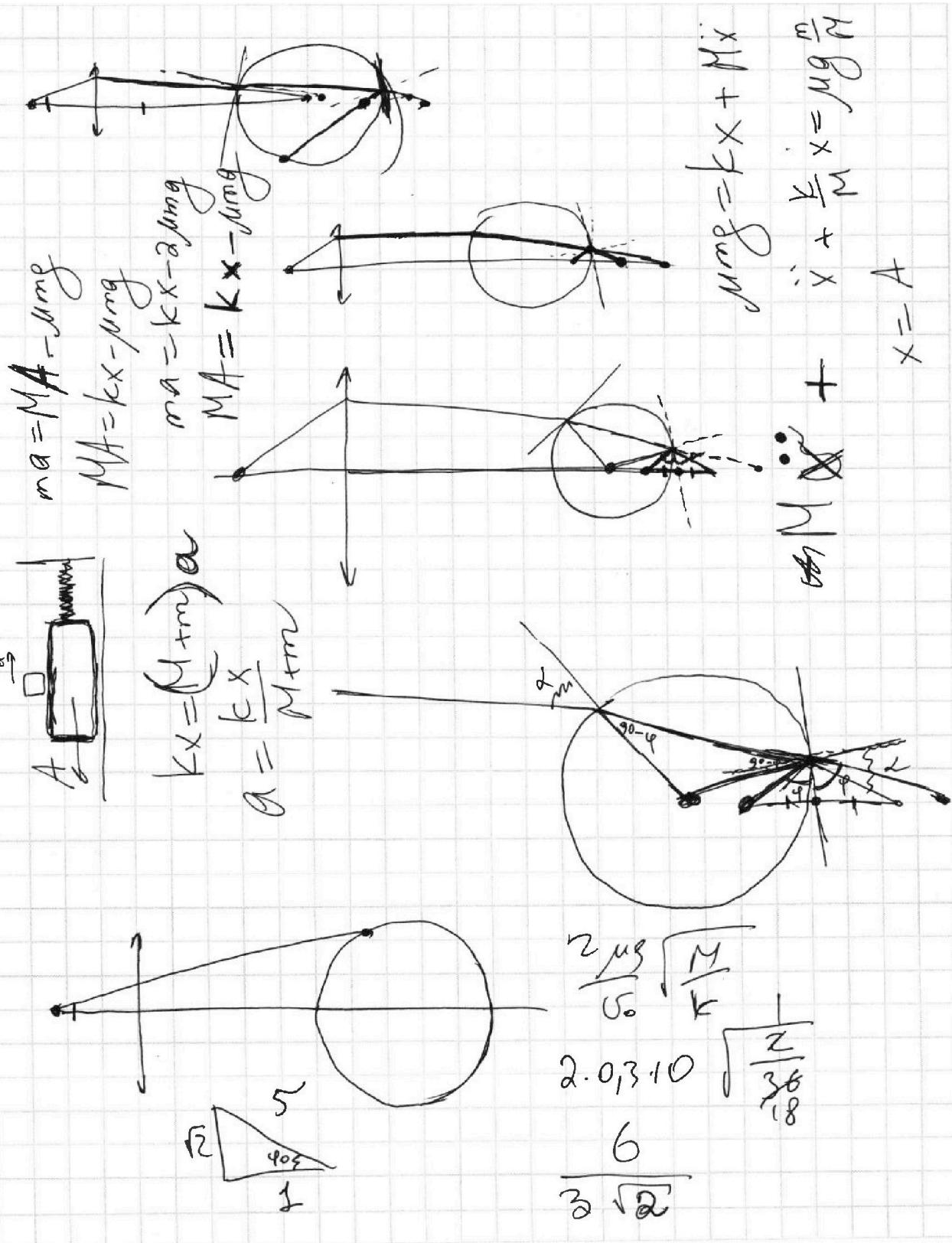
$$\text{Ответ: 1)} I_0 = \frac{B_0 S_1}{L}, \quad 2) Q = \frac{5 S_1 B_0 \infty}{8 L}$$



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 7СТРАНИЦА  
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"/> 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  
1 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!

Т.к. изображение источника в системе „лиза-шар“ совпадает с самим источником при любом  $n$ , то рассмотрим случай, когда  $n=1$ .

Рисунок 6 – расстояние от лизы до изображения, если для нее было шара.

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

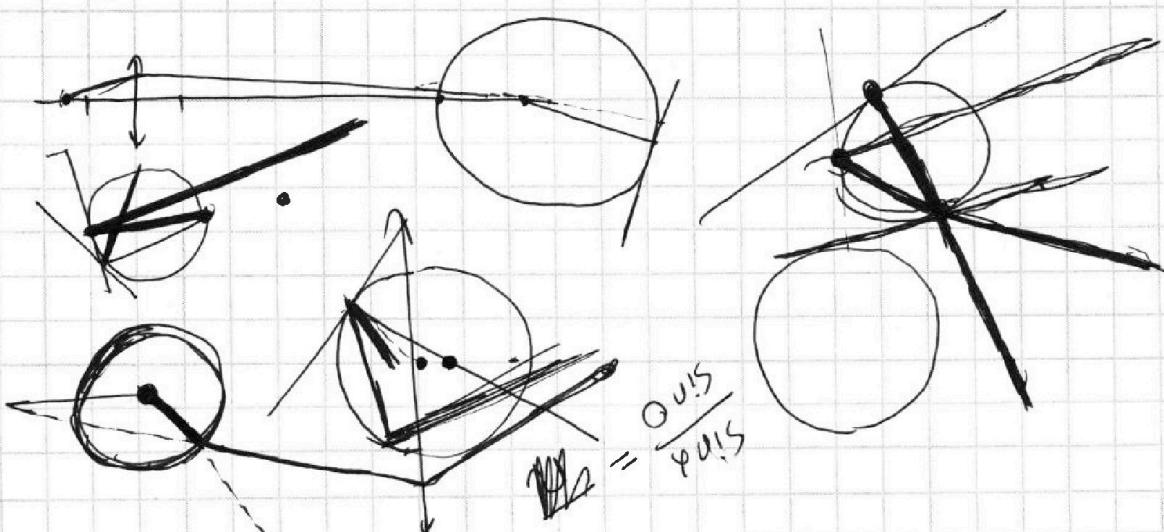
$$B = 11F.$$

Рисунок 7 а)  $R < 0,25F$ .



Тогда после отражения все лучи будут возвращаться обратно из некоторой точки  $B'$  на сфере ГОО, при этом  $LB' < LB$ , а значит изображение точки  $B'$  находящее не в точке  $A$ .

Рисунок 7 б)  $R > 0,25F$ .



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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

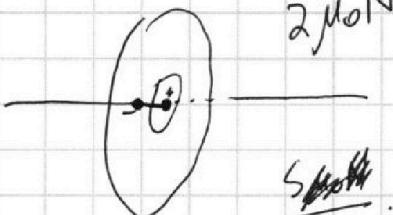
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!

$$\varphi = \frac{\partial}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{R^2 + l^2} - \sqrt{Rr^2 + l^2} \right)$$

множ

$$\frac{mc\omega^2}{2} = q\varphi$$



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

$$L dI = S_1 dB$$

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

$$\frac{S_1}{2} \cdot \frac{B^2 l}{\mu_0 N}$$

~~$$L_{12} I^2 = S_1 B^2$$~~

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

~~$$L \frac{dI}{dt} - \cancel{S_1 B_0}$$~~

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

~~$$L \frac{I^2}{2}$$~~

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

$$L Q = S_1 B_0 \cancel{t} - S_1 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} t^2 + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} t^2 + \right)$$

$$Q = \frac{S_1 B_0 \frac{3}{8} t^2}{L} + \frac{1}{4} B_0 \cdot \frac{1}{2} t \cdot \frac{1}{2}$$

$L I$

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

$$\frac{7}{8} + \frac{1}{8}$$

$$L dI = S_1 B$$

$$\mu_0 N I = Bl$$

$L$

$$L = S_1 \frac{dB}{dI} = \frac{S_1 \mu_0 N}{l}$$

$$I = \frac{Bl}{\mu_0 N}$$

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



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 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!

Diagram showing two concentric spherical shells of radii  $R$  and  $r$ , separated by a gap of width  $l$ . The left shell has charge density  $\rho_1$  and the right shell has charge density  $\rho_2$ .

$$E(l) = \frac{\rho_1}{2\epsilon_0} \left( \frac{l}{\sqrt{R^2+l^2}} - \frac{l}{\sqrt{r^2+l^2}} \right)$$

$$E(l) = \frac{\rho_1}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{R^2+l^2} - \sqrt{r^2+l^2} \right)$$

~~Это - сила единичного~~

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

$$q \frac{\partial}{2\epsilon_0} \left( R - r \right) - q \frac{\partial}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{R^2+x^2} - \sqrt{r^2+x^2} \right)$$

$$\frac{\rho_1 \epsilon_0}{2} = q \frac{\partial}{2\epsilon_0} \left( R - r \right) - q \frac{\partial}{2\epsilon_0} \left( \sqrt{R^2+x^2} - \sqrt{r^2+x^2} \right)$$





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**.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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

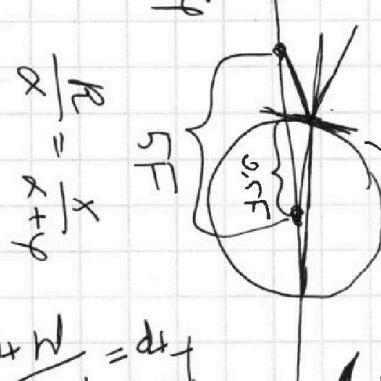
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$\left( + \frac{m+n}{k} \right) \sin \alpha = \frac{50}{\sqrt{m+n}} \cdot \frac{50}{\sqrt{m}}$$

$$H = 50 \sqrt{\frac{m}{m+n}} \quad \frac{50}{\sqrt{3}} = 1 \cdot \frac{n}{1}$$

$$H = \frac{m+n}{k} \cdot H$$

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{R}{\sin \beta}$$

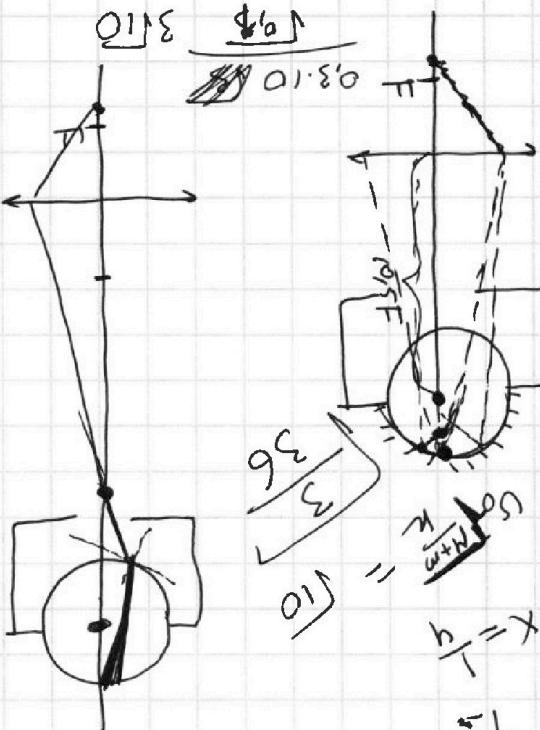


$$\frac{m+n}{m \times k} = \frac{d_f}{F} \quad F - x \times k = \frac{m+n}{k} \cdot H$$

$$= \frac{m+n}{k \times m} = H$$

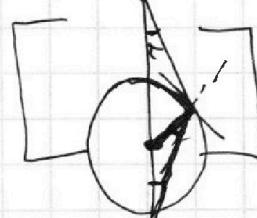
$$\frac{k}{m+n} \times x = x$$

$$\frac{0,1}{0,3 \cdot 10} = \frac{1}{3}$$



$$R = 0,1 \Gamma \quad \frac{9}{\pi} = \frac{9}{\pi}$$

$$\frac{(0,1)(m+n)}{0,1} = \frac{1}{10 \pi} \Gamma$$



$$\theta = \frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{m+n}{m \times k} \times x = x$$

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.

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



~~Задача 1~~

$$P_{\text{нара}} \cdot V_0 = V_{\text{бозг.}} R T_0$$

$$P_{\text{нара}}' =$$

$$\Rightarrow P_{\text{бозг.}} \cdot V_0 = V_{\text{бозг.}} R T_0$$

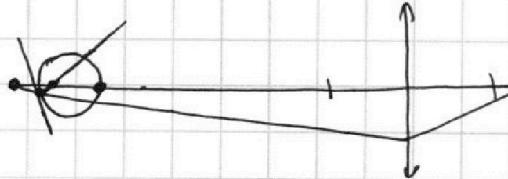
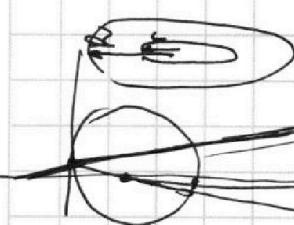
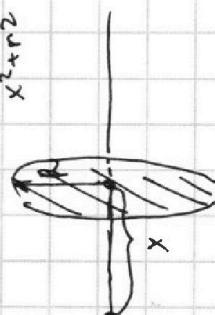
$$P_{\text{бозг.}}' \cdot V = V_{\text{бозг.}} R T$$

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

$$\frac{4\pi \cdot 306}{220 \cdot 100} = 0,51$$



$$K \frac{q}{\pi} \frac{x}{x^2 + r^2}$$



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

$$t^*$$

$$P_{\text{лар}}' = 5 \text{ Па}$$

$$P_{\text{ларе}} = 60 \text{ Па}$$

$$P_{\text{бозг.}} = 45 \text{ Па}$$

$$P_{\text{бозг.}}' = 100 \text{ Па}$$

$$P_{\text{лар}}' = P_{\text{неконс.}}(t^*)$$

$$P_{\text{бозг.}}' = P_0 - P_{\text{лар}}'$$

$$P_{\text{бозг.}} \cdot V_0 = V R T_0$$

$$P_{\text{бозг.}}' \cdot V_1 = V R T^*$$

$$P_{\text{лар}} \cdot V_0 = V R T_0$$

$$P_{\text{лар}}' \cdot V_1 = V R T^*$$

$$P_0 V_0 = V R T_0$$

$$P_0 V_1 = V R T^*$$

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

$$P_{\text{лар}}$$

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

$$\frac{2kQ}{R^2}$$

$$\frac{2kQ}{R^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

$$\frac{d}{dr} \frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}} = 2r$$

$$R = \frac{2kQx}{R^2 - \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}}}$$

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

$$= \frac{2kQx}{R^2} \int_0^r \frac{2r dr}{(x^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}} =$$

$$= \frac{2kQx}{R^2} \left[ \frac{2r}{(x^2 + r^2)^{\frac{1}{2}}} \right]_0^r =$$

$$= \frac{2kQx}{R^2} \cdot \frac{2r}{(x^2 + r^2)^{\frac{1}{2}}} =$$

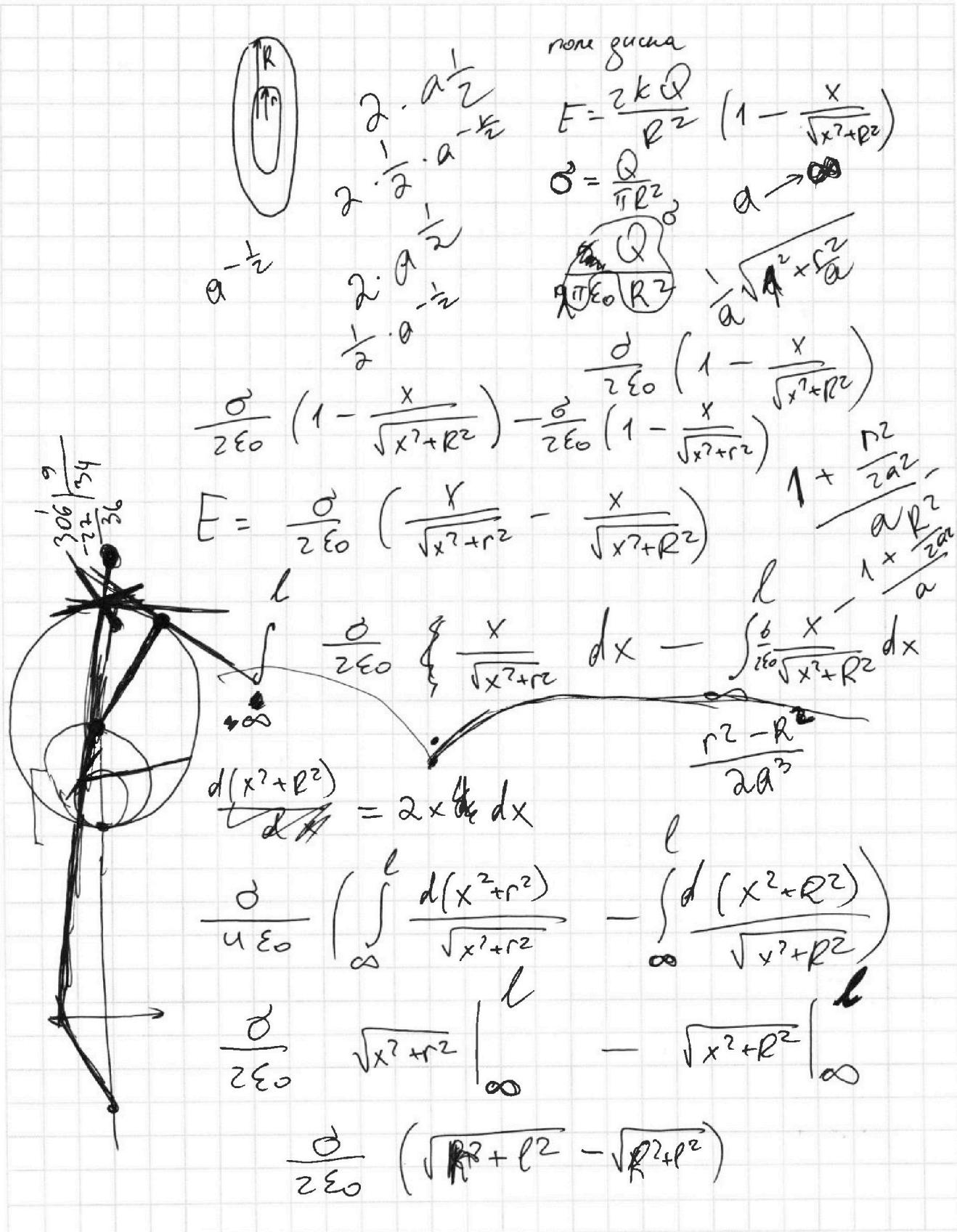


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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.

1

2

3

4

5

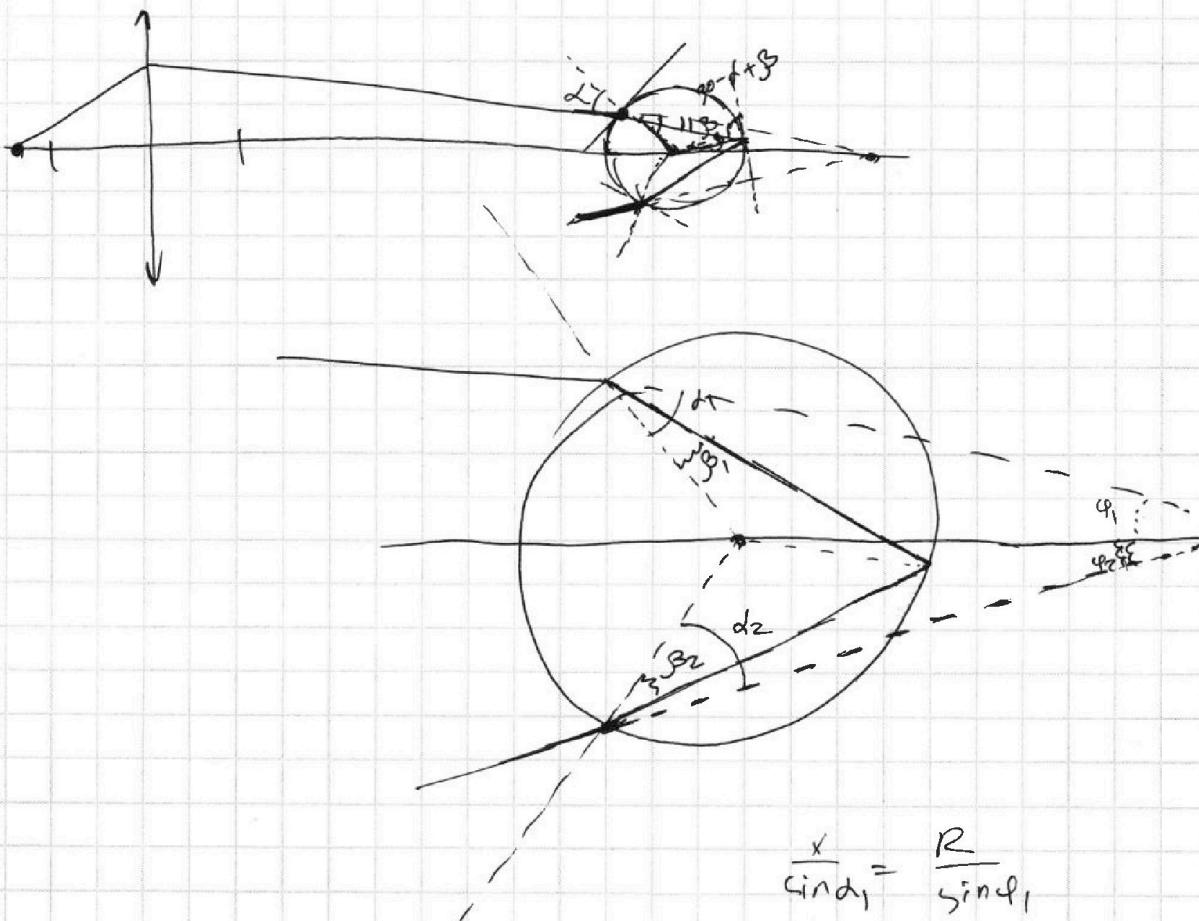
6

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!



$$\frac{x}{\sin \alpha_1} = \frac{R}{\sin \beta_1}$$

$$\frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{\alpha_2}{\beta_2}$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$$

$$\frac{x}{\sin \alpha_2} = \frac{R}{\sin \beta_2}$$

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

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



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!