



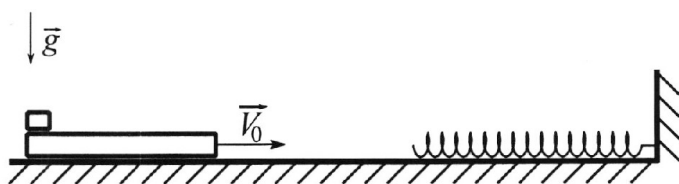
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брусок 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 жёсткости $k = 27$ 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.

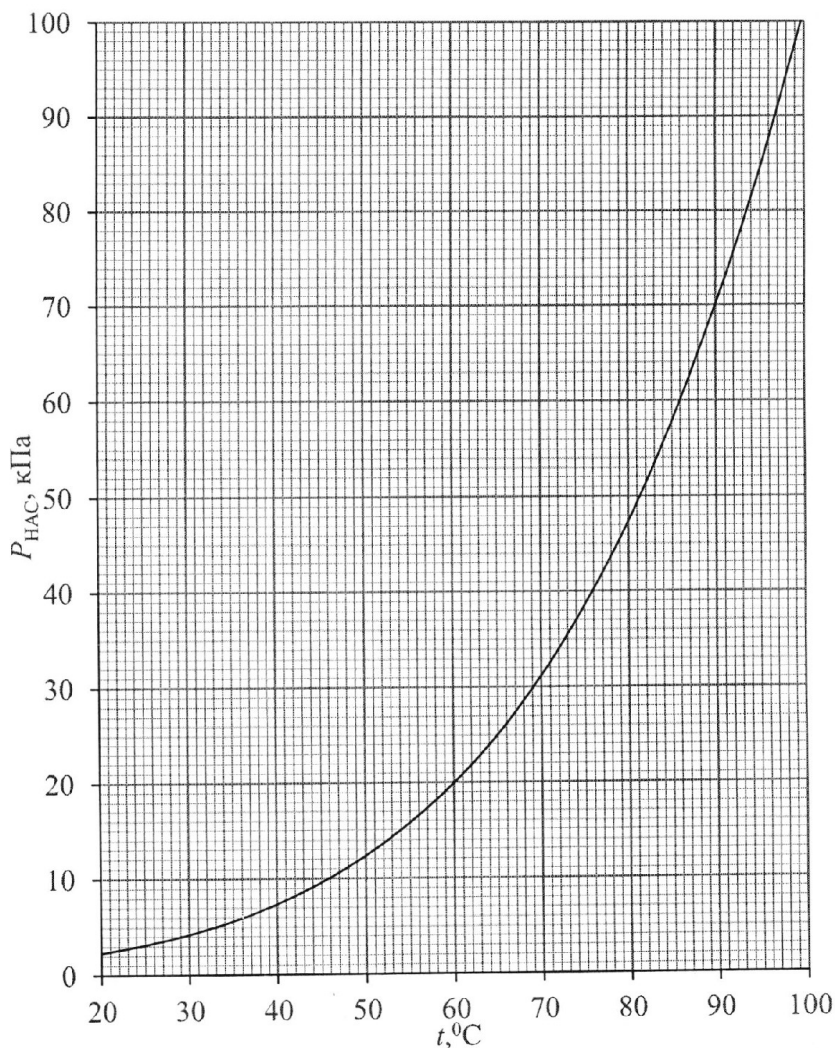


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.

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





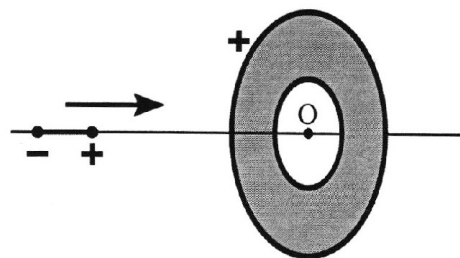
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



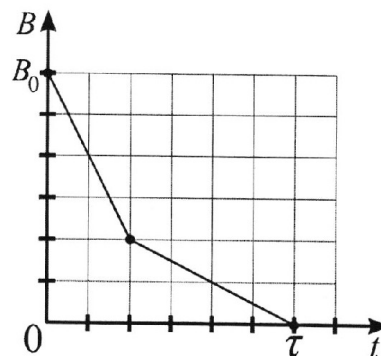
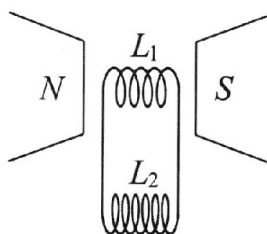
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

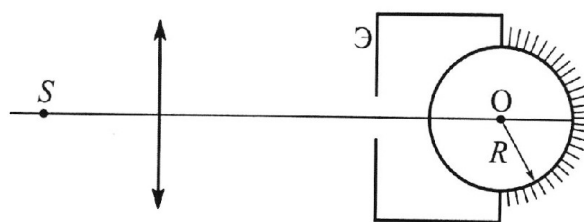
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени 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 $a = 1,5F$ (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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



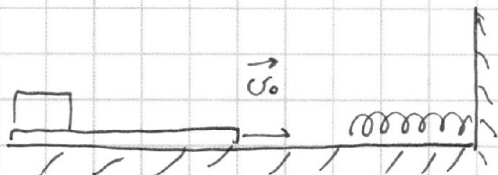
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

№1



D: $v_0 = 2 \text{ м/с}$

$M = 2 \text{ кг}$

$m = 1 \text{ кг}$

$k = 28 \text{ Н/м}$

$\mu = 0,3$

1) ~~м.к. до~~

до начала относит. глвн. Брусок и доска

$a_s = a_g = a_{\text{цм}}$

По м. о глвн цм:

$(m + M) a_{\text{цм}} = F_{\text{гнр}} = k \Delta x$

Также: $m a_{\text{цм}} = F_{\text{тр max}} = \mu m g$

$\begin{cases} (m + M) a_{\text{цм}} = k \Delta x \\ m a_{\text{цм}} = \mu m g \end{cases}$

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

$\Delta x = \frac{\mu g (M + m)}{k} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 3}{10 \cdot 28} = \frac{1}{3} \text{ м}$

2) Состояние пружины происходит по гармоническому закону:

$\Delta x = x_{\text{max}} \sin \omega t$

где $\omega = \sqrt{\frac{k}{M + m}} = 2,3 \text{ с}^{-1}$

$x_{\text{max}} = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{M + m}{k}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{3}{28}} = \frac{2}{3} \text{ м}$

$\sin \omega t = \frac{\Delta x}{x_{\text{max}}} = \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 3} = \frac{1}{2} \Rightarrow 3t = \frac{\pi}{6} ; t = \frac{\pi}{18} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}$



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!

Diagram showing a block on a horizontal surface with forces mg and $mg \sin \alpha$ acting on it.

Equations for acceleration a_c and a_g :

$$a_c = \frac{M a_g + m a_s}{M + m} = \frac{k x_{\max}}{M + m}$$

$$M a_g + \mu m g = k x_{\max}$$

$$a_g = \frac{k x_{\max} - \mu m g}{M}$$

Equations for acceleration $a_{\text{ш}}$ and a_s :

$$a_{\text{ш}} = \frac{M a_g + m a_s}{M + m}$$

$$a_{\text{ш}} = \frac{k x_{\max}}{M + m}$$

Equation for a_s :

$$a_s = \text{const} = \mu g$$

Text: "м.к. на блок действует только $F_{\text{ш}}$ "

Equation for a_g :

$$a_g = \frac{k x_{\max} - m a_s}{M}$$

Calculation of a_g :

$$a_g = \frac{29 \cdot \frac{2}{3} - 1 \cdot \frac{3}{10} \cdot 10}{2} = \frac{18 - 3}{2} = 7,5 \text{ м/с}^2$$

Answers:

1) $\Delta x = \frac{1}{3} \text{ м}$ 2) $t = \frac{1}{6} \text{ с}$ 3) $a_g = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ м/с}^2$

Equations for $a_{\text{ш}}$ and a_s :

$$a_{\text{ш}} = \frac{M a_g + m a_s}{M + m}$$

$$a_{\text{ш}} = \frac{k x_{\max}}{M + m}$$

Equation for a_s :

$$m(a_g - a_s) = \mu m g$$

Equation for a_g :

$$a_g = \frac{k x_{\max} + \mu m g}{M + m} = \frac{29 \cdot \frac{2}{3} + \frac{3}{10} \cdot 10 \cdot 1}{3} = \frac{18 + 3}{3} = 7 \text{ м/с}^2$$

Answers:

1) $\Delta x = \frac{1}{3} \text{ м}$ 2) $t = \frac{1}{6} \text{ с}$ 3) $a_g = 7 \text{ м/с}^2$



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!

~~Исх: $P_n = \text{const}$
 $T = \text{const}$
 $\rho \neq \text{const}$
 $V \neq \text{const}$~~

~~Воздух: $T = \text{const}$
 $V \neq \text{const}$
 $P_{\text{см}} \neq \text{const}$~~

~~$P_{\text{см.0}} V_{\text{вх}} = P_{\text{см.1}} V$~~

~~$\Rightarrow \frac{V}{V_{\text{вх}}} = \frac{P_{\text{см.0}}}{P_{\text{см.1}}} = \frac{11}{14}$~~

$P_{\text{см.0}} = P_0 - P_1 = 150 - 40 = 110 \text{ кПа}$

$P_{\text{см.1}} = P_0 - P_{\text{н}}(46^\circ\text{C}) = 150 - 10 = 140 \text{ кПа}$

~~$V_{\text{вх}} = V_0 \frac{T}{T_0} = V_0 \cdot \frac{46 + 273}{86 + 273} = V_0 \frac{319}{359}$~~

~~$\frac{V}{V_0} = \frac{11}{14} \cdot \frac{359}{319} =$~~

3) До $t' = t^*$, смесь охлаждается изобарно:
 $V_0 T_0 \frac{V_0}{T_0} = \frac{V_{\text{вх}}^*}{T^*} \Rightarrow V_{\text{вх}}^* = V_0 \frac{T^*}{T_0}$

От t^* до t :

в начале: $P_{\text{см.0}} = P_0 - P_1 = 110 \text{ кПа}$
 $= 150 - 40 = 110 \text{ кПа}$

в конце: $P_{\text{см.1}} = P_0 - P_{\text{н}}(46^\circ\text{C}) = 150 - 10 = 140 \text{ кПа}$

$\frac{P_{\text{см.0}} V^*}{T^*} = \frac{P_{\text{см.1}} V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V^*} = \frac{P_{\text{см.0}} T}{P_{\text{см.1}} T^*}$

$\frac{V}{V_0} = \frac{T^*}{T_0} \frac{P_{\text{см.0}} T}{P_{\text{см.1}} T^*} = \frac{P_{\text{см.0}} T}{P_{\text{см.1}} T_0} = \frac{110 \cdot (46 + 273)}{140(86 + 273)} =$
 $= \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359}$

Ответ: 1) $P_1 = 40 \text{ кПа}$ 2) $t^* = 76^\circ\text{C}$

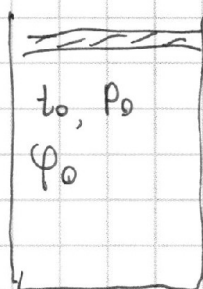


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$2: \varphi_0 = \frac{2}{3} \quad P_0 = 150 \text{ кПа} \quad t_0 = 86^\circ \text{C} \quad t = 46^\circ \text{C}$$

$$1) \quad \varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нп}}}$$

$$P_{\text{нп}}(86^\circ \text{C}) \approx 60 \text{ кПа}$$

$$P_1 = P_{\text{нп}} \varphi_0 = 60 \cdot \frac{2}{3} = 40 \text{ кПа}$$

- 2) Т.к. смесь находится под массивным поршнем постоянной массы $\Rightarrow$ процесс статия изобарный

$$P_0 = P_{\text{сх.п}} + P_{\text{н}} = \text{const} \quad (\varphi \text{ качала конд. пара})$$

$P_{\text{сх.п}} = \text{const} \text{ и } P_{\text{н}} = \text{const}$

Конденсация пара начнется тогда, когда его давление будет равно давлению насыщенного пара при $t = t^*$. ~~Далее $P_{\text{н}} = \text{const}$~~

$$\Rightarrow t^* = 46^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow t^* = t = 46^\circ \text{C}$$

$$P_1 \approx P_{\text{нп}}(46^\circ \text{C})$$

$$\Rightarrow t^* = 46^\circ \text{C}$$

- 3) До $t = t^*$ газ ^{с воздухом} V сжимается изобарно, после статия смеси является изотермическим

• Пусть газ сжимается изобарно до $V = V_{\text{кр}}$.

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_0 V_{\text{кр}}}{T} \Rightarrow V_{\text{кр}} = V_0 \frac{T}{T_0} =$$

• от $V_{\text{кр}}$ до от $V_{\text{кр}}$ до V :



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!

$$\frac{(m_1 + m_2) U_0^2}{2} = W_{эл \max}$$

$$2 \frac{(m_1 + m_2) U_0^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) U_{\min}^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2) U_0^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow U^2 = 3 U_0^2$$

$$U_{\min} = \sqrt{3} U_0$$

$$\Delta U = U_{\max} - U_{\min} = U_0 (2 - \sqrt{3})$$

$$\text{Ответ: } 1) U = 2 U_0 \quad 2) U = U_0 (2 - \sqrt{3}).$$

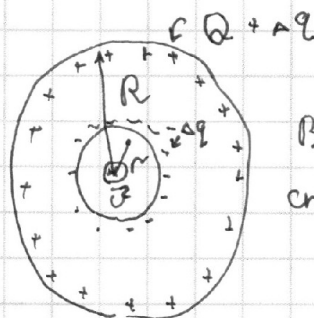
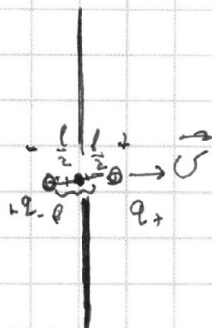


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
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!

Вид
сбоку



Вид
спереди

т.е. диск есть совокупность
2 тонких колец.

$$\varphi_{\text{Кольца}}(x) = \frac{k Q_{\text{кольца}}}{\sqrt{x^2 + R^2}} \quad ①$$

из ① видно, что ~~потенциал~~ $|\varphi_{q+}| = |\varphi_{q-}|$
т.к. x в обоих случаях будет $\frac{l}{2}$, где
 l - толщина диска.

⇒ В этот момент суммарный потенциал
диска $\varphi_d = 0$.

Тогда $\boxed{U = 2U_0}$

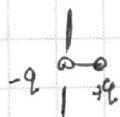
2)

Далее: 1) $U \rightarrow 2U_0$

2) $U_{\max}$ будет при $W_{эл} \rightarrow \min$
($W_{эл \min} = 0$)
⇒ $U_{\max} = 2U_0$

$U_{\min}$ будет при $W_{эл} \rightarrow \max$

$W_{эл \max}$ будет в момент времени t - из диска:





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
☐

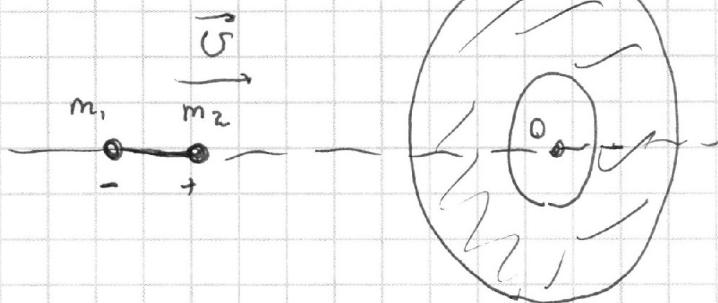
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

№ 3

Q^+

$D: v_{\min} = v_0$



1) По ЗСЭ: $E_k W_{k0} = W_{эл}(0)$
 $W_{эл}(0) = \text{const}$ (энергия зарядов в центре диска)

При увеличении скорости диска до $2v_0$:

$$\frac{4(m_1 + m_2)v_0^2}{2} = W_{эл}(0) + \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$$
$$2(m_1 + m_2)v_0^2 = \frac{(m_1 + m_2)v_0^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} \quad | \times 2$$
$$4v_0^2 = v_0^2 + v^2$$
$$\Rightarrow v^2 = 3v_0^2 \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{3}v_0}$$

2) 1) П.к. заряд Q^+ распределён по поверхности диска равномерно, но мы его можем считать концентрированным радиуса R , находясь

2) Рассчитаем момент импульса середины диска через центр диска:



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.

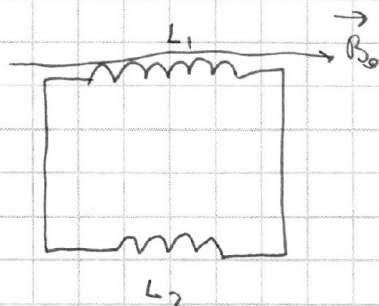
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

~ u



д: $L_1 = L$, $L_2 = 4L$, S_1 , n , T

Решение

- 1) По закону сохранения магнитного потока:

$$\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2$$

$$n B_0 S_1 = (L_1 + L_2) I_0 \Rightarrow$$

$$I_0 = \frac{n B_0 S_1}{L_1 + L_2} = \frac{n B_0 S_1}{5L}$$

- 2) Рассмотрим некоторый момент времени $t \in (0; T)$:

По закону сохранения магнитного потока:

$$n B_0 S_1 = (L_1 + L_2) I + n B S_1$$

$$\Rightarrow I = \frac{n(B_0 - B) S_1}{L_1 + L_2} = \frac{n \Delta B S_1}{5L} = \frac{dq}{dt}$$

$$q = \int_0^t \frac{n \Delta B S_1}{5L} dt$$

п.к. уменьшение
происходит неравномерно:

$$\Rightarrow q = \int_0^t \frac{2n B_0 S_1}{15L} dt + \int_0^{\frac{2}{3}T} \frac{n B_0 S_1}{15L} dt +$$

$$= \frac{2n B_0 S_1}{45L} T + \frac{2n B_0 S_1}{45L} T = \frac{4n B_0 S_1}{45L} T$$



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
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!

Answer: 1) $I_0 = \frac{n B_0 S_1}{5L}$ 2) $q = \frac{4 n B_0 S_1}{45L} T$



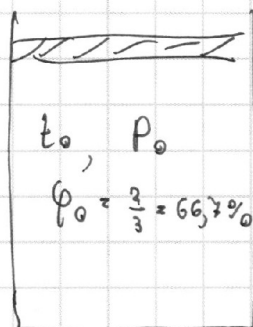
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!

№2



$$t_0 \rightarrow t$$
$$+ \frac{243}{46}$$
$$\hline 319$$

1)

$$T_p = 86 + 273 = 359K$$

$$+ \frac{243}{86}$$
$$\hline 359$$

$$p_0 = \frac{p_1}{p_{nn}}$$

$$p_{nn} \approx 26 kPa$$

$$p_{nn} \approx 60 kPa$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 kPa$$

$$\frac{11}{14} \cdot \frac{359}{319} = \frac{29}{6}$$

$$\approx \frac{11}{14} \cdot \frac{359}{29 \cdot 11} = \frac{359}{319} \approx 359$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 319 \\ T_0 = 359 \end{array} \right.$$

$$\frac{359 \cdot 11}{11}$$

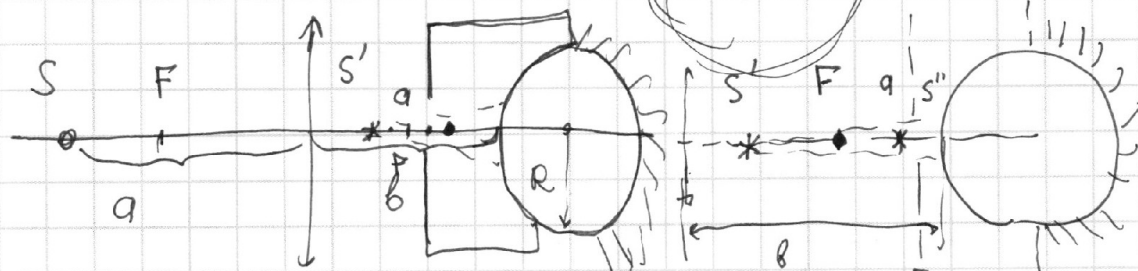
$$\times \frac{359}{11}$$
$$\hline + 359$$
$$\hline 3949$$

$$\frac{359}{28} \cdot \frac{14}{12}$$

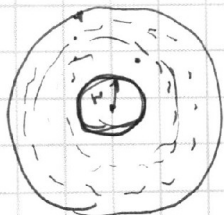
$$\frac{359 \cdot 29}{29 \cdot 11}$$
$$\hline 69$$

$$11 \cdot 29$$
$$\hline \frac{29}{11}$$
$$\hline 29$$
$$\hline 319$$

№5



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{a \cdot F}{a + F} = \frac{0.5F}{1.5F} = \frac{1}{3}F$$





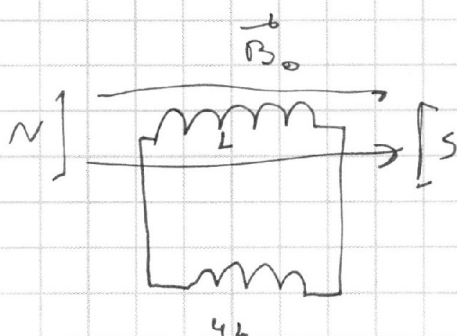
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи** отдельно.

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!

N 4



$$\Phi = \text{const}$$

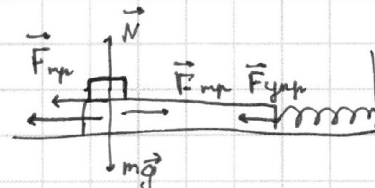
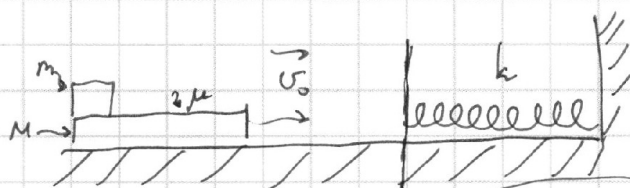
$$\mathcal{E}_i = -S \cdot N \frac{dB}{dt}$$

$$\Phi =$$

0 =

N 1

$$\omega = \frac{k}{m} = \frac{H}{m \cdot k} = \frac{k \cdot \mu}{c^2 \cdot \pi \cdot k^2} \cdot \frac{1}{c^2}$$



$$1) \quad \mu mg = k \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 10}{10 \cdot 27} = \frac{1}{9}$$

2) Система пружин. маятник

$$(M+m)a = k \Delta x + \mu mg$$

$$\frac{k \Delta x}{\mu mg} = \frac{M+m}{\mu mg}$$

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

$$\frac{(M+m) v_0^2}{2} = \frac{k x_{\max}^2}{2} \Rightarrow x_{\max} = \sqrt{\frac{M+m}{k}} v_0 = \sqrt{\frac{1}{9} \cdot 2} = \frac{2}{3} \text{ м}$$

$$\omega = \frac{k}{M+m} = \sqrt{\frac{27}{3}} = 3 \text{ рад/с}$$

$$x = x_{\max} \cos \omega t \quad \Delta x = x_{\max} \sin \omega t \quad \omega = \sqrt{\frac{M+m}{k}} =$$

$$\sin \omega t = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{6}$$

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

$$\sin \omega t = \frac{\Delta x}{x_{\max}} = \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 9} = \frac{1}{6}$$

$$3) \quad \cancel{a = - (M+m) a_c = k x_{\max} \Rightarrow a_c = \frac{k x_{\max}}{M+m} = \frac{27 \cdot 2}{3 \cdot 3} = 6 \text{ м/с}^2}$$



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
☐

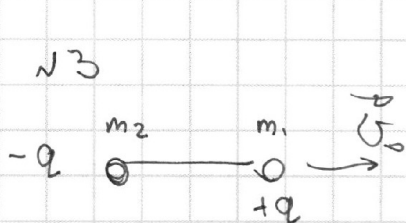
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!



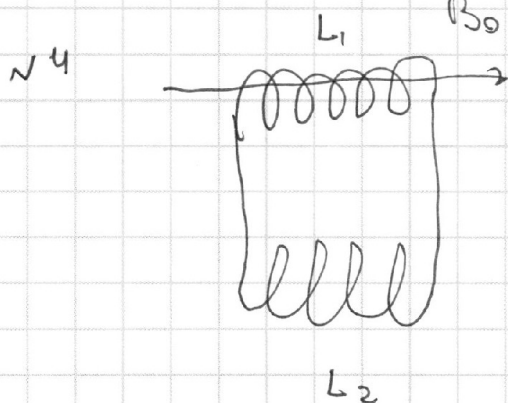
$$\frac{(m_2 + m_1) v_0^2}{2} =$$

$$q_1 \varphi_{01} + q_2 \varphi_{02}$$

$$\frac{14(319 + 14 \cdot 40)}{11 \cdot 319 + 11 \cdot 29} = \frac{14}{11} + \frac{14 \cdot 40}{11 \cdot 319} =$$

- Энергия зарядов в центре сферы

$\varphi_{01} \approx \varphi_{02}$ $360 - 1 = (60 - 1)(60 + 1) = 359 \cdot 61$
 B на конце тоже нет!



$$\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2$$

$$n B_0 S_1 = n(L_1 + L_2) I_0$$

$$I_0 = \frac{n B_0 S_1}{L_1 + L_2} = \frac{n B_0 S_1}{5L}$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{s1} + \mathcal{E}_{s2}$$

$$\frac{dB_1}{dt} + \frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt} = 0$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$$

$$\mathcal{E}_{si} = n S_i \frac{dB}{dt}$$

$$I_0 = \frac{dq}{dt}$$

$$q_2 = \int \frac{n B_0 S_1}{15L} dt$$

$$I_1 = \frac{2n B_0 S_1}{15L}$$

$$dq = \frac{n B_0 S_1}{5L} dt$$

$$q_1 = \int \frac{2n B_0 S_1}{15L} dt$$

≠

$$q = \int_0^{\tau} \frac{n B_0 S_1}{5L} dt = \frac{n B_0 S_1 \tau}{5L}$$

$$q = \frac{2n B_0 S_1}{45L} \tau$$

$$n B_0 S_1 = I(L_1 + L_2) + n B S_1$$

$$n(B_0 - B) S_1 = I(L_1 + L_2)$$

$$q = \int_0^{\tau} \frac{n(B_0 - B) S_1}{5L} dt$$

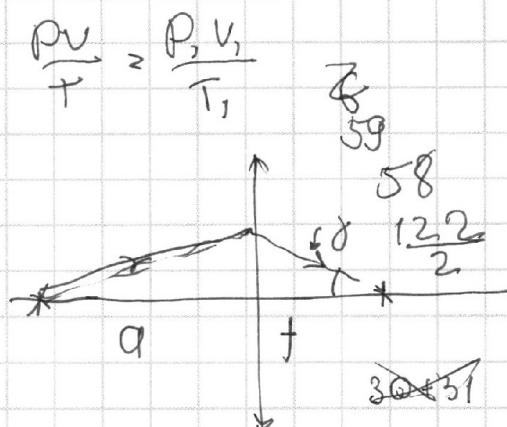
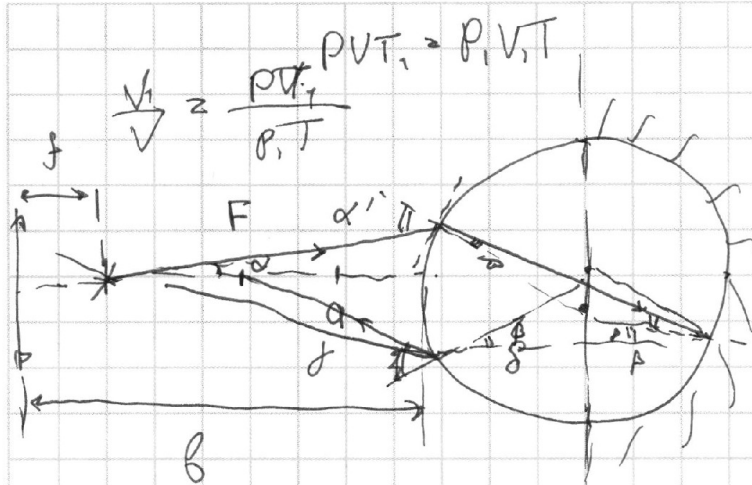


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\frac{11 \cdot 11 \cdot 29}{2 \cdot 7 \cdot 59 \cdot 61}$$

$$\frac{h}{2\beta} = 2R \Rightarrow R = \frac{h}{4\beta}$$

$$2\beta(b-f)R = h$$

$$+\frac{1}{F} = \pm \frac{1}{f} \pm \frac{1}{d}$$

$$\pm \frac{1}{2R} = \pm \frac{1}{f} \pm \frac{1}{d}$$

$$d > 0$$

$$f < 0$$

$$-\frac{1}{2R} = -\frac{1}{f}$$

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

$$-\frac{1}{2R} = -\frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

$$d = 2R + b - f$$

$$f = 2R + b - a$$

~2

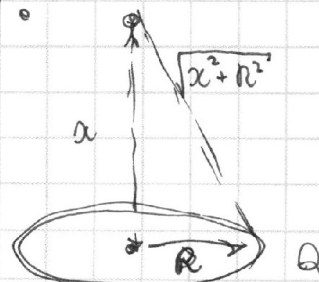
$$319 = 29 \cdot 11$$

$$359 =$$

$$\Delta \varphi = k \frac{\Delta a}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

$$\varphi(x) = k \frac{R}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

$$\frac{11 \cdot 11 \cdot 29}{2 \cdot 7 \cdot 0}$$



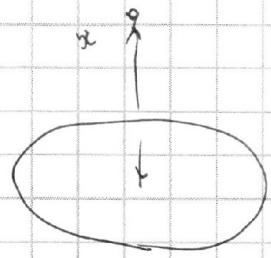


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

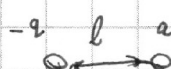
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!



$\varphi(x) = k \frac{Q}{\sqrt{x^2 + R^2}}$



$W_{эл}(x) = ?$

$W_{эл}(x) = k \frac{Qq}{(x+l)^2}$

$W_{эл}(x) = -k \frac{Qq}{\sqrt{(x+l)^2 + R^2}} + k \frac{Qq}{\sqrt{x^2 + R^2}} =$

$W_{эл}(x) = kQq \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+l)^2 + R^2}} \right)$

$l \ll R$
 $x \gg l$

$2(m_1 + m_2)U_0^2 = W_{эл}(x) + \frac{(m_1 + m_2)U^2}{2}$

$2(m_1 + m_2) \left[U_0^2 - \frac{1}{4}U^2 \right] = W_{эл}(x)$

$W_{эл}(x) \sim U_0^2 - \frac{1}{4}U^2 \sim \frac{2U_0^2}{2}$

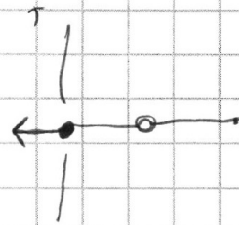
При $U = U_{max}$
 $W_{эл} \rightarrow min$

При $U = U_{min}$
 $W_{эл} \rightarrow max$

$W_{эл}(x) = \frac{kQq}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2}} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+l} \right) =$

$= \frac{kQq}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2}} \frac{l}{x(x+l)} = \frac{kQql}{\sqrt{x^2 + R^2}}$

$W_0 = k \frac{Qq}{\sqrt{R^2 + R^2}} - k \frac{Qq}{R} = kQq \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{R} \right)$





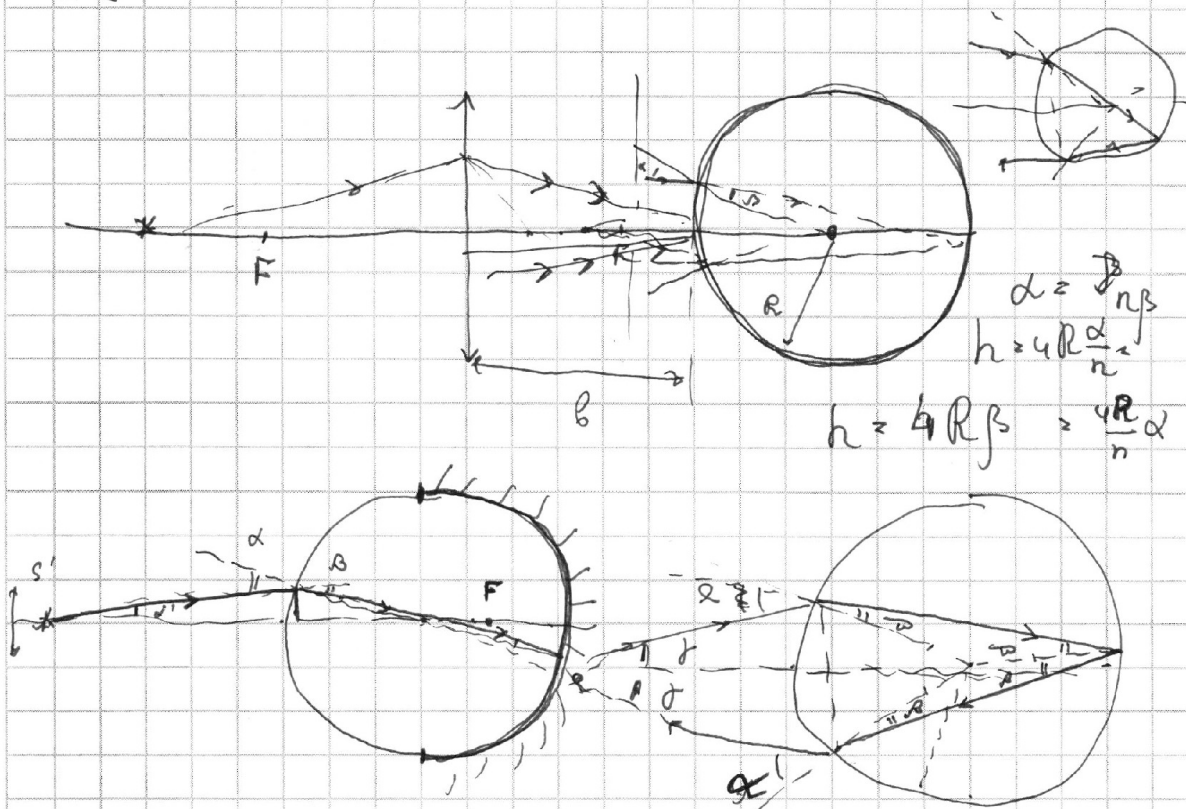
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

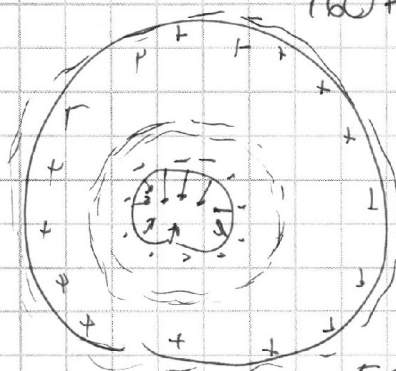
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

№ 5



$$\alpha = \beta \cdot \frac{n}{n-1}$$
$$h = 4R \frac{\alpha}{n}$$
$$h = 4R \beta = \frac{4R}{n} \alpha$$



$$160 + 72 = 232 \quad 140 + 63 = 203 \quad 11 \cdot 319 = 3509 \quad 11 \cdot 29 = 319$$

$$\begin{array}{r} 5026 \overline{) 29} \\ - 29 \\ \hline 212 \\ - 203 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1319 \\ 11 \overline{) 319} \\ + 319 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3409 \\ 4826 \overline{) 3409} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5026 \overline{) 121} \\ - 484 \\ \hline 286 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ 359 \\ 14 \overline{) 359} \\ - 1436 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3409 \overline{) 4826} \\ - 4826 \\ \hline 363 \end{array}$$

$$5026$$



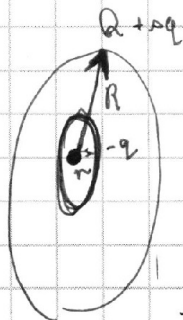
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

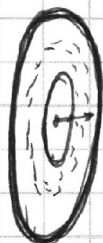
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

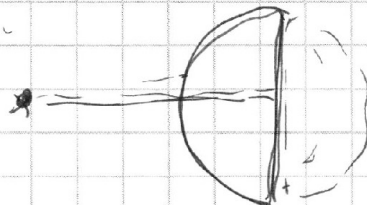
№3



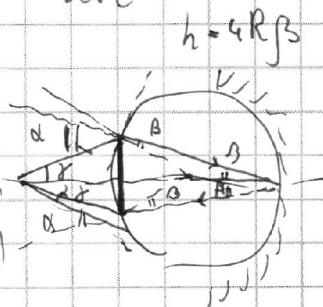
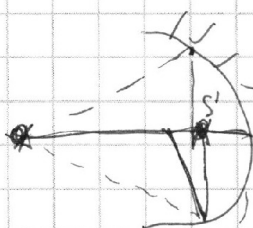
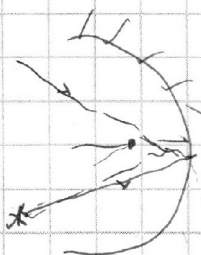
$$W_{эл}(x) = k \frac{Q_1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - k \frac{Q_2}{\sqrt{(x+b)^2 + R^2}}$$
$$= k Q_1 q \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+b)^2 + R^2}} \right) - k Q_2 q \left(\frac{1}{\sqrt{(x^2 + R^2)(x+b)^2 + R^2}} \right)$$



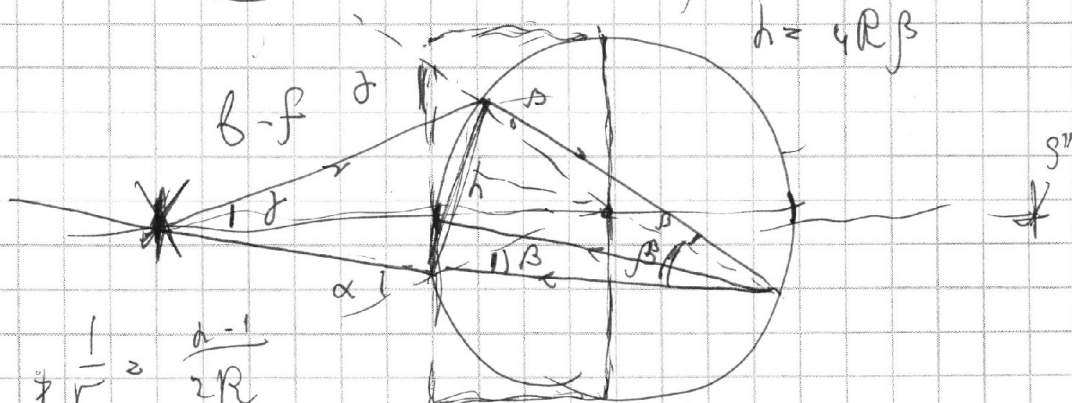
S'



$$D = \frac{n-1}{R}$$
$$D = \frac{n-1}{2R}$$



$$h = 4R\beta$$



$$h = 4R\beta$$

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{2R}$$

$$F = \frac{2R}{n-1}$$

$$\frac{n-1}{2R} = \frac{1}{b-f} + \frac{1}{f'}$$
$$\frac{1}{f'} = \frac{n-1}{2R} - \frac{1}{b-f}$$