



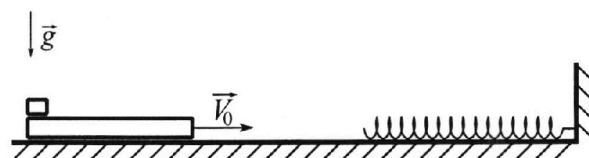
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

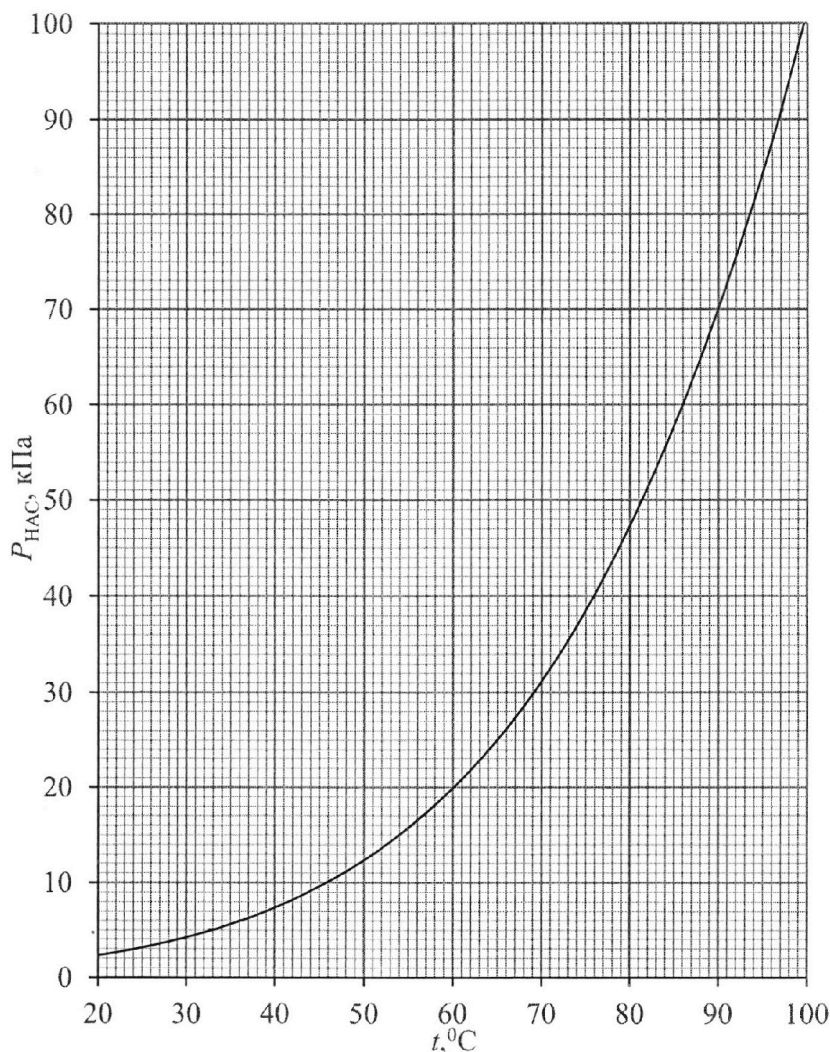


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.

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





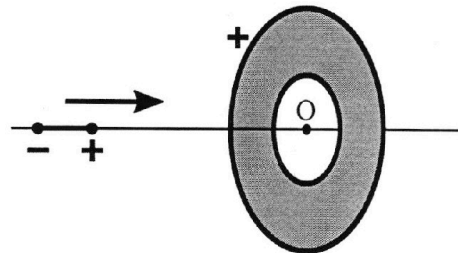
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

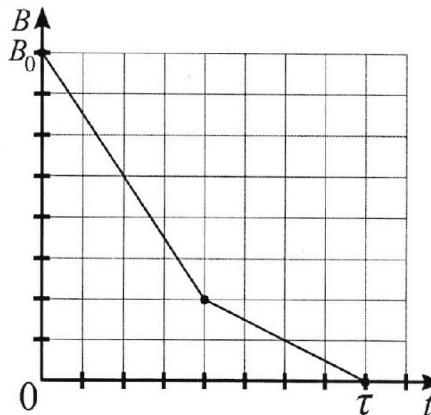
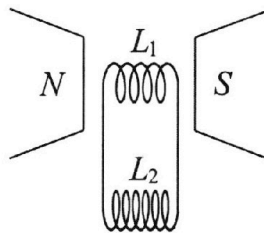


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 $\frac{3}{2}V_0$.



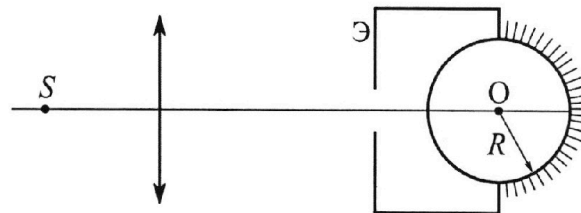
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.

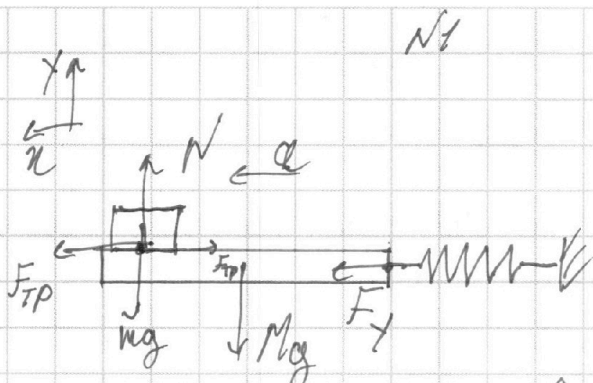


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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) Из начала относительного движения скорости доски и груза были равны $\Rightarrow$ были равны и их ускорения и F_{Tp} — сила трения покоя $\Rightarrow$ в момент нач. отн. движ. уск. были равны, а $F_{Tp} = \mu N$.

II 3. Н для груза: ОУ: $N = mg$
ОХ: $F_{Tp} = ma$ где $\mu = \mu a$

II 3. Н для доски: ОХ: $F_y - F_{Tp} = Ma$

$$k\Delta L - mg\mu = Ma = Mg\mu$$

$$\Delta L = \frac{mg}{k} \cdot (1 + \mu) = \frac{3 \cdot 10 \cdot 3}{10 \cdot 36} = \frac{9}{36} = 0,25 \text{ м}$$

$$2) \text{ЗСЭ: } \frac{(m+M)v_0^2}{2} = \frac{k\Delta L^2}{2} + \frac{(m+M)v_1^2}{2}$$

v_1 — ск. груза и доски за мгновение до нач. движения

$$v_1^2 = v_0^2 - \frac{k\Delta L^2}{(m+M)} \quad \text{где } \frac{k\Delta L^2}{(m+M)} = 1 - \frac{36 \cdot 1}{4 \cdot 10 \cdot 36} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow v_1 = \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

II 3. Н для доски: ОХ: $F_y - F_{Tp} = Ma$
(в произв. момент времени $x_k = (m+M)a$ после соприкосн. с пр и x — сжатие пружины до нач. отн. движ.)

II 3. Н для груза: ОУ: $N = mg$ ОХ: $F_{Tp} = ma$

Заметим, что $\ddot{x} = -x \frac{k}{m+M}$ — ур-ие гарм. колеб. $\Rightarrow$



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
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!

у-ие гвм. для гаски после нол. омн. гвм

$$\ddot{x} = \frac{mgM}{M} - \frac{kx}{M}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}} = \sqrt{\frac{36}{2}} = 3\sqrt{2} \text{ 1/c}$$

~~$$x(t) = A \sin(\omega t) + C$$~~

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

т.е. $x(t)$ - статие пружина-
масс. $\Rightarrow x(t)$ и $a(t)$ max в 1
момент вр.

онем
т-с максима то.

$$\Rightarrow T\omega = \frac{\pi}{2}$$

$$t = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

~~$$v_1 = v_0 + a_B \cdot t = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{2}+2}{\sqrt{2}} \right) < 0$$~~

$$v_1 = v_M = a_B \cdot t = v_M - gM \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{1}{2} - \frac{3}{2\sqrt{2}}$$

$$L^2 = \frac{(m+M)v_0^2}{k} - \frac{m v_1^2}{k}; L = \sqrt{\frac{(m+M)v_0^2}{k} - \frac{m v_1^2}{k}}$$

$$a_H = \frac{k}{M} \cdot \sqrt{\frac{(m+M)v_0^2}{k} - \frac{m v_1^2}{k}} = \frac{m g M}{M}$$

Омв: 1) $L = 0,25 \text{ м}$; 2) $t_0 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \text{ с}$. 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!

$$= \frac{370}{310} \cdot \cancel{81} \cdot \frac{(105 - \cancel{81}) \cdot 10^3}{(105 - 5) \cdot 10^3} = \frac{370 \cdot \cancel{75}^{15}}{310 \cdot \cancel{100}^{\cancel{100}}} = \frac{37 \cdot 3 \cdot \cancel{10}}{2 \cdot 62} = \frac{111}{124}$$

Отв: 1) $30 \cdot 10^3 \text{ Па}$; 2) $t^* = 69^\circ \text{C}$; 3) $\frac{370 \cdot 45}{310 \cdot 100} = \frac{111}{124}$.



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

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 из 2

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

$$\Rightarrow v_3 = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}$$

v_3 - ск. на сбск. после прох. $1/2$ диск.

① это min. ск.

$$v_{\max} = \frac{3}{2} v_0 -$$

② т.к. за все время движ. уск. и ск. противоположны (мдо $\alpha=0$)

Отв: 1) $v_2 = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$; 2) $\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{3}$



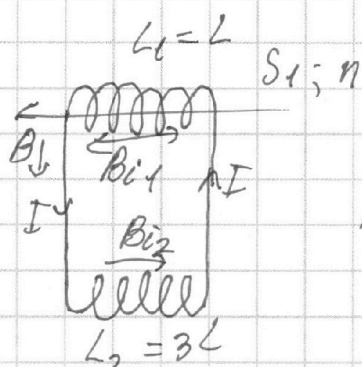
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

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

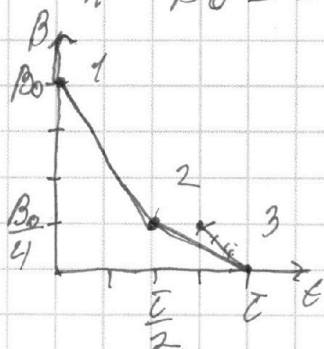


↑ ток $\frac{1}{3}$ одер катушки одинаков
 $B_1 \Rightarrow B_{11} \uparrow B$

$$\int_{B_0}^{B_1} S_1 n \frac{dB}{dt} + L \int_0^{I_1} \frac{dI}{dt} + L_2 \int_0^{I_1} \frac{dI}{dt} = 0$$

$$(B_1 - B_0) n S_1 = - I_1 \cdot 3L$$

$$B_1 = B_0 - \frac{I_1 \cdot 3L}{n S_1}$$



$$1 \rightarrow 2: B(t) = k_1 t + b_1$$

$$B_0 = k_1 \cdot 0 + b_1; B_{0/4} = k_1 \cdot \frac{T}{2} + B_0$$

$$B(t) = -\frac{3 B_0 t}{2 T} + B_0 \quad k_1 = -\frac{3 B_0}{2 T}$$

$$= \frac{3 B_0}{2 T} \cdot t + B_0 = B_0 + \frac{I_1 \cdot 3L}{n S_1}$$

$$\frac{B_0 t}{T} = \frac{2L}{n S_1} I_1 = \frac{2L}{n S_1} \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$q_{12} = \frac{B_0 n S_1}{2L} \cdot \frac{T^2}{2 \cdot 4} = \frac{B_0 n S_1 T}{16L}$$

N4

$$S_1 n \frac{dB}{dt} + L_1 n \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

правильно курсора для произв. момента времени, когда падает ~~В~~ во внеш. поле

$$\Rightarrow \int_{B_0}^{B_1} S_1 n dB + 4L \int_0^{I_0} dI = 0$$

$$S_1 n B_0 = 4L I_0 \quad I_0 = \frac{S_1 n B_0}{4L}$$

I_1 - сила тока в произв. момент вр.
 B_1 - показ вр. поле в этот же момент времени



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!

$$2 \rightarrow 3: B(t) = k_2 t + b_2$$

$$\frac{B_0}{4} = k_2 \frac{T}{2} + b_2 \quad \frac{B_0}{4} = -\frac{k_2 T}{2} \quad k_2 = -\frac{B_0}{2T}$$

$$0 = k_2 T + b_2 \quad b_2 = -k_2 T = \frac{B_0}{2}$$

$$B(t) = -\frac{B_0}{2T} t + \frac{B_0}{2}$$

$$\int_{T/2}^T B_0 dt + \int_{T/2}^T \frac{B_0}{2T} \cdot t dt = \frac{3L}{nS_1} \cdot \int_0^{q_{23}} dq$$

$$B_0 = I_n \cdot \frac{3L}{nS_1} = \frac{B_0}{2} - \frac{B_0 t}{2T}$$

$$q_{23} = \frac{nS_1}{3L} \left(\frac{B_0}{2} \left(T - \frac{T}{2} + \frac{T^2}{2T} - \frac{T^2}{2T \cdot 4} \right) \right) = \frac{nS_1 B_0}{6L} \left(\frac{7}{8} T \right)$$

$$\Delta q = q_{12} + q_{23} = \frac{B_0 n S_1 T}{L} \left(\frac{14 + 6}{16 \cdot 6} \right) = \frac{5}{24} \frac{B_0 n S_1 T}{L}$$

$$\text{Смб: 1) } I_0 = \frac{S_1 n B_0}{4L}; \quad 2) \Delta q = \frac{5}{24} \frac{B_0 n S_1 T}{L}$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

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

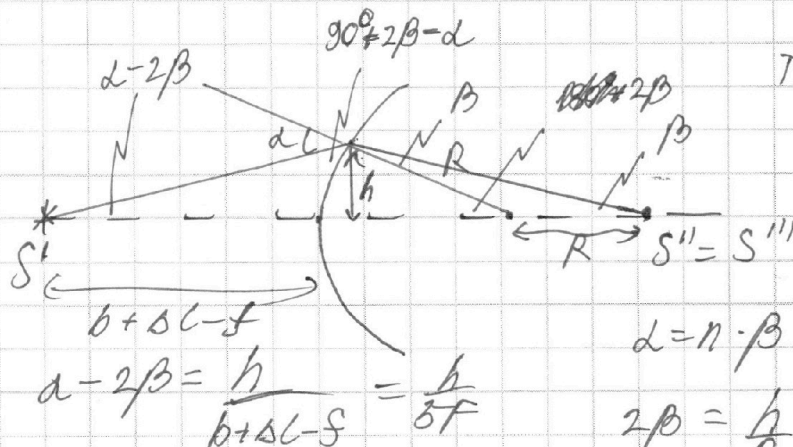
$$2) R = \frac{F}{2}$$

$$\Delta L = 0,5F$$

$$b + \Delta L - f = 0,5F$$

$$\Delta \rightarrow 0$$

матриц. лучи



т.е. ч.модов
изобр. сист. и
ист. собственн.
лучей ч.модов
 $S'' = S'''$

$$\Delta = n \cdot \beta$$

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

$$(n-2)\beta = \frac{h}{b + \Delta L - f}$$

$$2\beta = \frac{h}{R} \quad \frac{h}{2R} = \frac{h}{0,5F \cdot (n-2)}$$

$$(n-2) = \frac{2R}{0,5F} \quad n = 2 + \frac{2R}{0,5F} = 2 + \frac{1}{0,5}$$

$$= 2,2$$

Отв: 1) $R = F/2$; 2) $n = 2,2$.



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

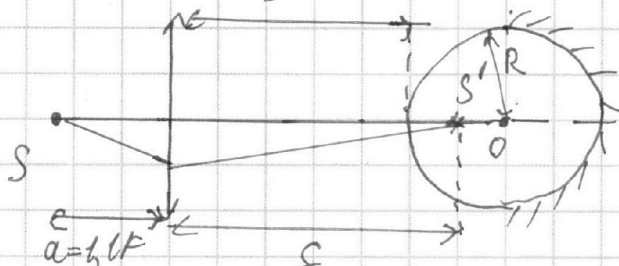
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N5.

$$1) \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{S} \quad S = \frac{F \cdot a}{a - F} = \frac{11F^2 \cdot 10}{10 \cdot 1F} = 11F$$

$$a = \frac{11}{10} F \quad S - b = 10 \left(\frac{11}{10} - \frac{1}{10} \right) F = \frac{100}{10} F = 10F = \frac{1}{2} F$$

$$b = 10,5F$$



$$\frac{1}{F_{\text{eff}}} = \left(\frac{n}{n-1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) = \frac{2}{(n-1) \cdot 2} \cdot \frac{2}{R} = \frac{2}{R(n-1)}$$

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

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

Чтобы изобр. система совп. с нмт нмт, чтобы $S''' = S'$
 и чтобы это условие был $\forall n$
 надо, чтобы $S''' = S'' = S' = S$, т.е.

S' - изобр. S в сист. линз
 S'' - изобр. S в сист. линз - лев. н.
 S''' - изобр. S в сист. линз - лев. н. - зр.
 S'''' - изобр. S в сист. линз - лев. н. - зр. - лев. н.

РЛН лин. изобр. $\chi/\gamma \neq 0$
 $\Rightarrow R = S - d = \frac{F}{2}$
 тогда ш. опт.
 ось и S' на ней

$$\left| \frac{F}{2} = R \right|$$

2)

$$d - p = d \left(1 - \frac{1}{n} \right) = \frac{d(n-1)}{n}$$

$$\tan(d-p) = \frac{h}{S'} = \frac{d \cdot R}{S'}$$

$$S' = \frac{d \cdot R}{S'}$$

$$d(n-1) = \frac{dR}{S'}$$

$$S' = \frac{R}{n-1}$$

$$b + \Delta L = F = 5F$$

$$\Delta L = 5,5F = 5F$$

$$\sin 2 = \frac{h}{R} \Rightarrow 0$$

$$d \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \sin 2 = \tan 2$$

или рассмотреть мурок.



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) $R = \frac{F}{2}$

$\Delta L = 5.5F$
 $b + \Delta L - S = 5F$

$d \rightarrow 0$
максимальное μ
 $\gamma = \frac{h}{R}$
 $B \cdot n = d$
 $B = \frac{d}{n}$
 $-B \cdot \gamma = -B + \frac{h}{R} = -B + \frac{2h}{R}$
 $\ominus \frac{h}{F} \left(\frac{-11 + 4 \cdot 11 \cdot 5}{5n} \right)$

$d - \gamma = \frac{h}{5F} \Rightarrow \gamma = d - \frac{h}{5F} = \frac{h}{R} = \frac{2h}{F}$
 $d = \frac{11h}{5F}$
 $B = \frac{11h}{5Fn}$

$\gamma - B = \frac{h}{F}$
 $S' = \frac{h^2}{\gamma - B} = \frac{F \cdot 5n}{20n - 11}$

$2R - S' = 0$
 $S' = 2R = F$
 $5n = 20n - 11$
 $15n = 11$
 $n = \frac{11}{15}$