



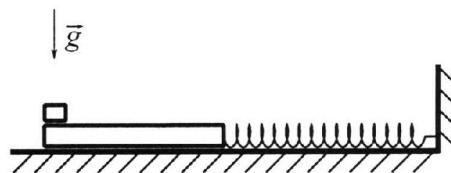
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. 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.

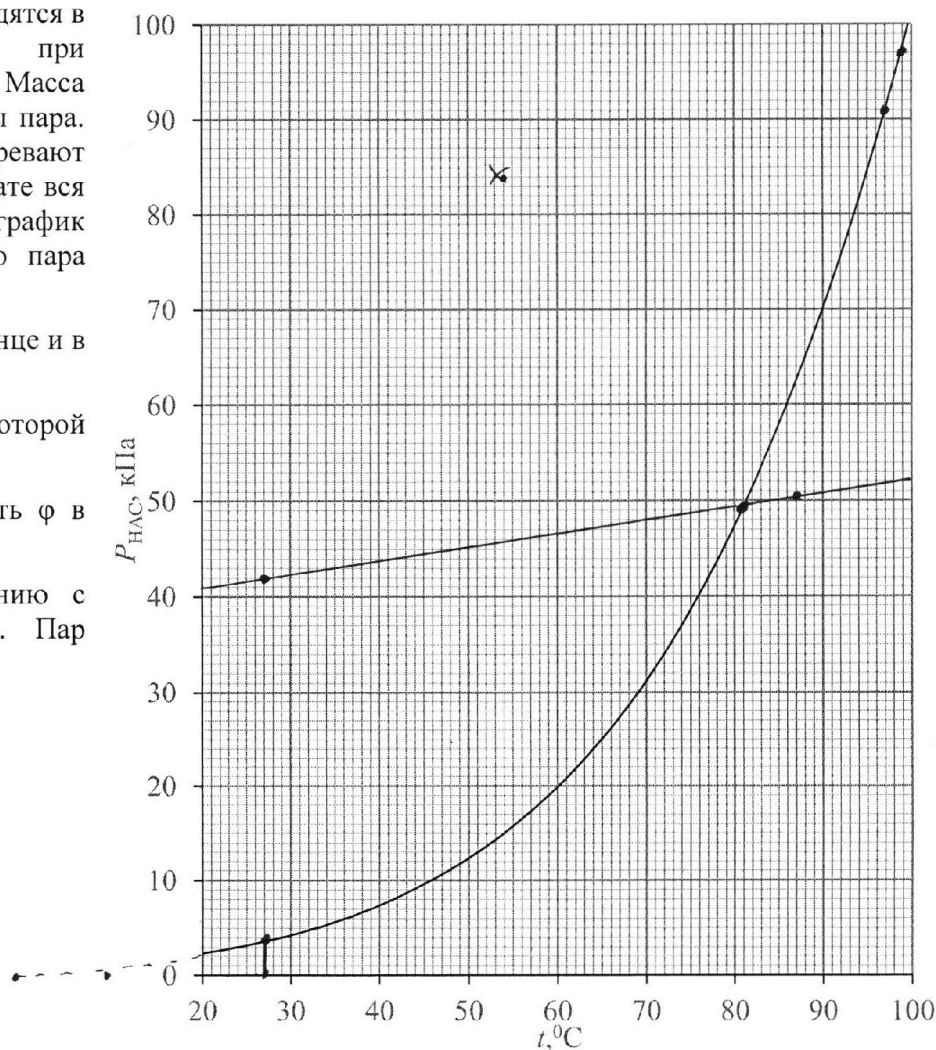


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

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





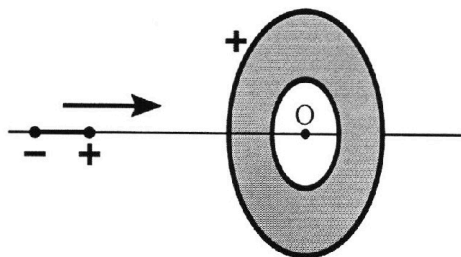
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



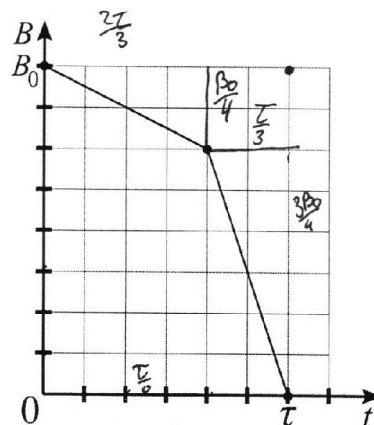
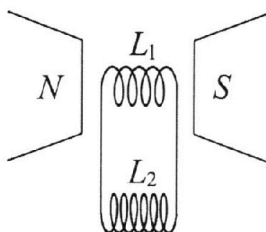
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 2 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

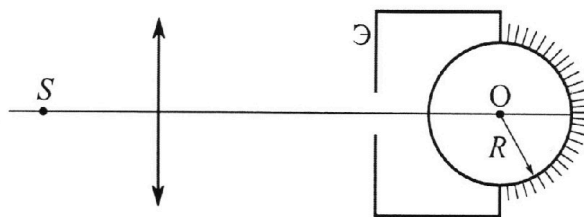
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 6L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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_2 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 4R$, 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

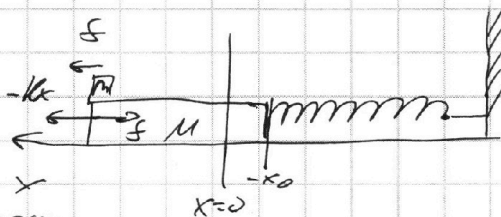
1 из 2

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) Впервые Агоски $\rightarrow 0, v_{отн} = 0$.

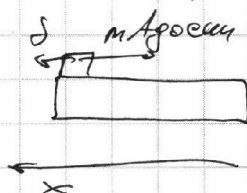
Перейдём в ИСО Агоски.

$$A_{госки} = -\frac{kx - f}{m}$$



На брусок.

$$a_{отн} = \frac{f - mA_{госки}}{m}$$



$\frac{f}{m}$ - Агоски. Если сила инерции на брусок не действует, то движение не по силе трения, тогда не действует! $v_{отн} = 0 \rightarrow f = mA_{госки} = 0$. На брусок действует здесь только пружина. $A = 0; x = 0$. Следовательно пружина $k = 0$.

$$1) v_{отн} = 0 \rightarrow f = mA_{госки}. A_{госки} = -\frac{kx}{m} - A_{брусок} \frac{m}{m} \rightarrow A_{госки}(m+m) = -kx$$

$$A_{госки} \rightarrow 0, kx \approx -f, x \approx -\frac{f}{k}. \text{ Это } f = \mu mg,$$

$$A_{госки} = \ddot{x} = -\frac{k}{m}x = -\frac{\mu mg}{m}. x = \tilde{x} - \frac{\mu mg}{k}$$

$$\ddot{\tilde{x}} = -\frac{k}{m}\tilde{x} \text{ - гарм. колебание, } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x(0) = -x_0 = \tilde{x}_0 - \frac{\mu mg}{k}$$

$$x(t) = \left(\frac{\mu mg}{k} - x_0\right) \cos \omega t + \frac{\mu mg}{k}$$

$$a_{отн} = \mu g - A_{госки}, v = \mu g t + v_{госки} = v_{госки}$$

$$v(t) = \frac{1}{\omega} \left(\frac{\mu mg}{k} - x_0\right) (-\omega \sin \omega t) = \frac{\mu g t}{2}$$

$$\cos \omega t = 0 (A=0) \rightarrow \sin \omega t = 1. \rightarrow \left(\frac{\mu mg}{k} - x_0\right) = \frac{\mu mg}{k}$$

Относ. движение пружины-бруса $\rightarrow$ брус движется нао с правой ускорением $(m+m)$, агоски = абруска = 0.

Значит, $x = 0$

$a_{отн} = 0: \begin{cases} A = \mu g \\ \text{движение нао одно тело.} \end{cases}$



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 ☐

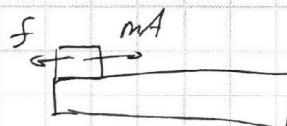
СТРАНИЦА
2 из 2

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!

x либо 0, либо $-\frac{\mu mg}{k}$. $-\frac{\mu mg}{k}$ достигается раньше.

1) $x = -\frac{\mu mg}{k}$; $v_{огч} = 0$

$A_0 = +\frac{kx_0}{m} = \mu g$



Однородное уравнение $v_{огч} = 0 = \int \frac{F}{m} dt - v_{огч} \rightarrow v_{огч} = \mu g t$

$\omega(x_0 - \frac{\mu mg}{k}) \sin \omega t = \mu g t$

$A = 0 \rightarrow \cos \omega t = 0 \rightarrow \sin \omega t = \pm 1$

Внешнее решение $\neq 0$!

$x_0 = \mu g \left(\frac{m}{k} + \frac{\pi}{2\omega} \right) = \mu g \cdot 0,32c$

$\omega t = \frac{\pi}{2} \rightarrow t = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \approx$

$\frac{3}{2} \sqrt{\frac{2}{50}} = \frac{3}{10} = 0,3c$

$\omega x_0 = \omega \frac{\mu mg}{k} = \mu g t$

$\frac{m}{k} = \frac{1}{50} = 0,02c$

$x_0 = \mu g \left(\frac{t}{\omega} + \frac{m}{k} \right) = \mu g \left(\frac{\pi}{2\omega^2} + \frac{m}{k} \right) = \mu g \left(\frac{\pi m}{2k} + \frac{m}{k} \right) = \frac{\mu g}{2k} (\pi m + 2m) \approx$
 $\approx 0,24m$ по модулю.

2) $A_0 = + (25x_0 + 3) = + 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$

3) $v(t) = \omega(x_0 - \frac{\mu mg}{k}) \sin \omega t$. $x(t) = \left(\frac{\mu mg}{k} - x_0 \right) \cos \omega t - \frac{\mu mg}{k} = -\frac{\mu mg}{k}$

$v = \omega(x_0 - \frac{\mu mg}{k}) =$

$\cos \omega t = 0 \rightarrow \sin \omega t = 1$,
 $t = \frac{\pi}{2\omega}$

$= \sqrt{\frac{k}{m}} \left(\frac{\mu m g}{2k} + \frac{\mu m g}{k} - \frac{\mu m g}{k} \right) = \frac{\mu m g}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 4,5 \cdot \frac{1}{5} \approx 0,9 \text{ м/с}$

Ответ: 1) $0,06m = \frac{\mu mg}{k}$
2) $6 \text{ м/с}^2 = \frac{\mu g}{2k} (\pi m + 2m)$
3) $0,9 \text{ м/с} = \frac{\mu g \pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$



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
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!

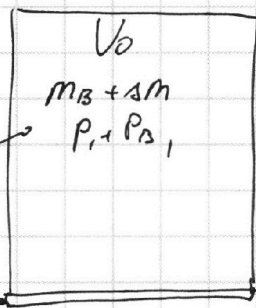
Δm - масса пара до нагрева

m_B - масса воздуха

V_0 - объем сосуда.

Нагрев: $V \approx \text{const}$ для воздуха

воздух
+ H_2O



$$\frac{P_{B1}}{T_0} = \frac{P_{B2}}{T}$$

Если испарение массы пара $12 \Delta m$, до: Δm .

$$1) \frac{12 \Delta m}{\Delta m} = 12.$$

2) Прекратилось испарение $\rightarrow$ в этот момент пар всё ещё насыщен. $P_1 V_0 = \nu_n R T_0$ $\Delta m \rightarrow 12 \Delta m$

$$P_2 V_0 = 12 \nu_n R T^* \quad \nu_n \rightarrow 12 \nu_n$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_0}{12 T^*}, \quad P_1 \text{ и } P_2 \text{ - давление нас. пара в состоянии}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{12 T^*}{T_0} = P(T^*). \quad \text{Найдём } T^* \text{ графически.}$$

$$P(T^*) = 12 \frac{P_1(T_0)}{T_0} \cdot T^* - \text{длина пропорциональна углу наклона.}$$

$$k = \frac{12 P_1}{T_0}, \quad P_1 \approx 3,5 \text{ кПа. } \frac{12 P_1}{T_0} \approx \frac{12 \cdot 3,5}{2 \cdot 273} \frac{\text{кПа}}{^\circ\text{C}} = \frac{42}{300} \frac{\text{кПа}}{^\circ\text{C}} = 0,14 \frac{\text{кПа}}{^\circ\text{C}}.$$

$$\text{Построим прямую на графике по двум точкам: } \begin{matrix} 1. 42 \text{ кПа} - 27^\circ\text{C} \\ 2. 84 \text{ кПа} - 54^\circ\text{C} \end{matrix}$$

$$P = 0,14 T (^\circ\text{C}). \quad \text{Построим прямую по двум точкам: } \begin{matrix} 1. 27^\circ\text{C} = 300\text{K} : 42 \text{ кПа} \\ 2. 87^\circ\text{C} = 360\text{K} : \end{matrix}$$

$$42 \text{ кПа} \cdot 1,2 = 50,4 \text{ кПа. Пересечение при } T^* \approx 81^\circ\text{C}, P_2 \approx 49,5 \text{ кПа.}$$

3) $Q = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{нас}}}$. Пар считаем идеальным газом; испарение закончилось:

$$\frac{P_2}{T^*} = \frac{P_3}{T}. \quad P_3 = P_2 \frac{T}{T^*}, \quad P_{\text{нас}}(T) \approx 81 \text{ кПа из графика. } P_3 \approx \frac{370}{354} \cdot 49,5 \text{ кПа} \approx \frac{185}{177} \cdot 50 \text{ кПа.}$$

$$Q = \frac{50 \cdot 185}{177 \cdot 81} \approx 1,045 \cdot \frac{1}{1,12} \approx 0,57. \quad \text{Ответ: } 1) 81^\circ\text{C} \quad 2) 0,57$$



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.

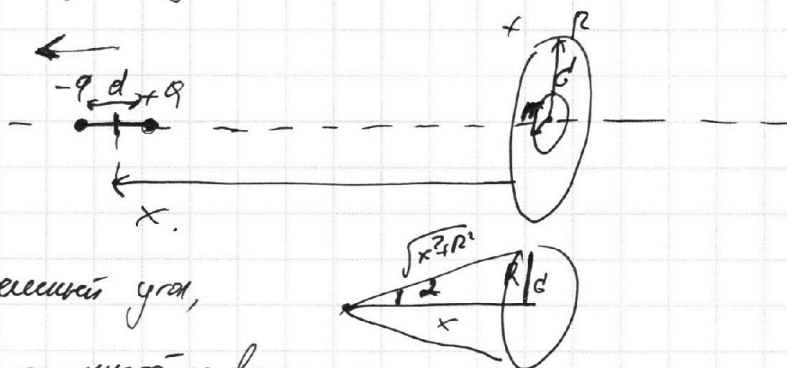
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Найти выражение для потенциала диполя вне диска. (мало диполь-д)

Радиусы диска: R, r ,
 $R \gg r$.



$E(x) = k_0 \Delta \Omega$, где $\Delta \Omega$ — телесный угол,

под которым источник с координатой x видит диск.

$\Delta \Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha)$, где α — угол полувершины конуса на рис.

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} \quad (\alpha = \frac{1}{4}\pi \text{ etc.})$$

$$\Delta \Omega = 2\pi \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right). \quad E(x) = k_0 \cdot 2\pi \left(x - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} + 1 + \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right) =$$

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

~~Итак, ответ~~ На ответ не повлияет размер диполя. Чтобы освободиться от интегрирования этой истории, применим допуск малости

($d \ll R, r$). Тогда $W_{\text{диполь}} = q \left(\varphi(x - \frac{d}{2}) - \varphi(x + \frac{d}{2}) \right) \approx q \cdot \frac{d\varphi}{dx} \cdot d$.

$$W \approx qd \cdot \left(-\frac{q}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} \right) \right) = \frac{q^2 x d}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} \right).$$

1) В центре отверстия $x=0$ согласно со физическим соображениями и

полученной формулы: $W=0 \rightarrow v = V_0$.

2) Из соображений симметрии и полученной формулы ясно, что $W_{\text{max}} - W_{\text{min}} =$

$2W_{\text{max}}$. Найдем W_{max} для диполя с зарядом q . ($W'_x = 0$).

$$\frac{q^2 x d}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} \right) = 0$$

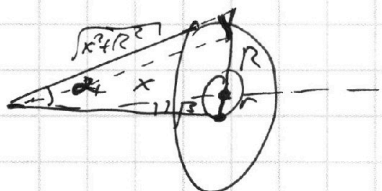


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$W = \frac{q q d}{2 \epsilon_0} \cdot (\cos \beta - \cos 2)$$


$$W'_x = 0, \quad -\sin \beta \frac{d\beta}{dx} + \sin 2 \frac{dd}{dx} = 0$$

$$\cot \beta = \frac{x}{R}, \quad (\cot \beta)'_x = \frac{1}{R} = -\frac{1}{\sin^2 \beta} \frac{d\beta}{dx} \rightarrow \frac{d\beta}{dx} = -\frac{\sin^2 \beta}{R}$$

$$\text{Аналог.} \quad \frac{d\beta}{dx} = -\frac{\sin^2 \beta}{r}$$

$$\frac{\sin^3 \beta}{r} = \frac{\sin^3 \alpha}{R}$$

$$\sin^3 \beta = \sin^3 \alpha \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{3}}$$

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

$$\cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta = 1 - \sin^2 \alpha \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$\frac{1}{(x^2 + r^2)^{\frac{1}{2}}} = \left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{1}{(x^2 + R^2)^{\frac{1}{2}}}, \quad W_{\max} = \cos^2 \beta = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{2}{3}} \cos^2 \alpha$$

$$\sin^2 \beta = \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{2}{3}} \sin^2 \alpha - \text{эти величины постоянны и минимальны}$$

$$\text{энергии. где } q: W_{\max 1} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\text{где } \frac{q}{2}: W_{\max 2} = \frac{W_{\max 1}}{2} = \frac{m v_0^2}{4}$$

ЗСД:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{4} + \frac{m v_1^2}{2} = -\frac{m v_0^2}{4} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\text{отсюда: } \frac{v_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{4}$$

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

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{3 v_0^2}{4} \rightarrow v_2 = v_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\text{Результат: } \Delta v = \frac{v_0}{\sqrt{2}} (\sqrt{3} - 1)$$

Ответ: 1) v_0

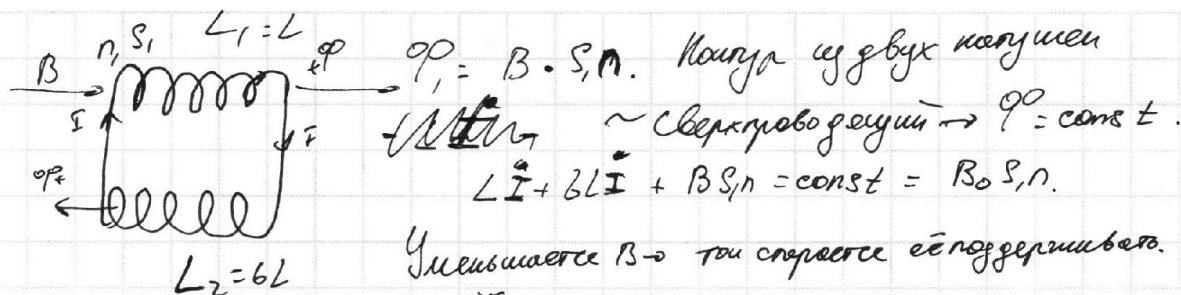
$$2) \frac{v_0}{\sqrt{2}} (\sqrt{3} - 1)$$



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
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!



Уменьшается $B \rightarrow$ ток стремится её поддержать.

$$7LI + BS_1N = \text{const.}$$

1) $B = 0 \rightarrow$

$$7LI_0 = B_0 S_1 N.$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_1 N}{7}.$$

$$2) 7LI = S_1 N (B_0 - B)$$

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{S_1 N}{7L} (B_0 - B) \rightarrow dq = \frac{S_1 N}{7L} (B_0 dt - B dt)$$

$$Q = \frac{S_1 N}{7L} (B_0 T - \int B dt)$$

Найдём погрешность.

$$\int B dt = \frac{B_0}{4} \cdot \frac{2T}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{B_0 T}{12} + \frac{8B_0 T}{4} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{B_0 T}{6} + \frac{B_0 T}{8} =$$

$$= \frac{4B_0 T}{24} + \frac{3B_0 T}{24} = \frac{7B_0 T}{24}. \quad Q_1 = Q_2, \text{ это верб один контур.}$$

$$\text{Ответ: } 1) I_0 = \frac{B_0 S_1 N}{7}$$

$$2) Q = \frac{7B_0 T}{24}.$$



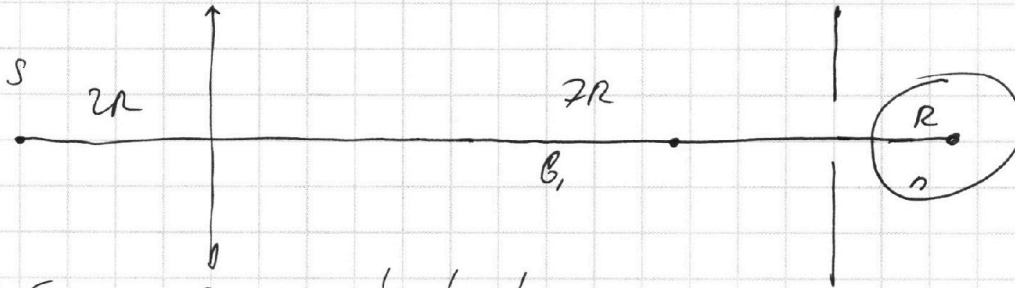
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

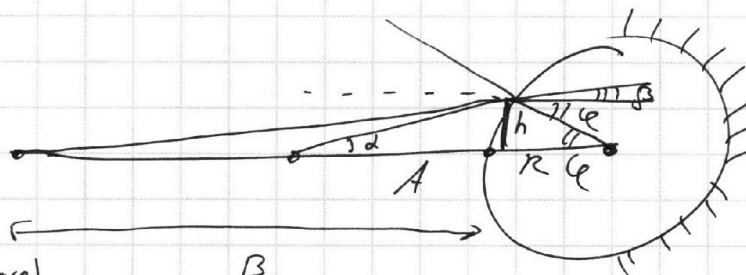
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\sin \alpha \approx \alpha \quad (\alpha \ll 1)$$



Упрощение в мие: $\frac{1}{2R} + \frac{1}{B_1} = \frac{1}{F}$

В шаре:



$$1(\alpha + \epsilon) \approx h(\beta + \epsilon)$$

$$\beta \approx \frac{h}{B}; \quad \alpha \approx \frac{h}{A}; \quad \epsilon \approx \frac{h}{R}$$

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{R} = n\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{B}\right), \quad \frac{1}{A} - \frac{n}{B} = \frac{1}{R}(n-1)$$

Упрощение соотн. с

используем $\rightarrow B = 3R, A = 2R - B_1$. B_1 и ϵ зависят от h .

$$B_1 = \frac{2RF}{2R-F} \rightarrow A = 2R - B_1 = R \left(\frac{14R-8F}{2R-F} \right)$$

$$\frac{2R-F}{14R-8F} - \frac{n}{3} = n-1 \rightarrow \frac{2R-F}{14R-8F} = \frac{(6n-1)}{3}$$

при любом A ! Итого F .

$$2R-F = 14RC - 8FC, \quad \forall C. \quad F(8C-1) = R(14C-2)$$

$$F = R \frac{14C-2}{8C-1}$$

при $C=1$: $\frac{14-2}{8-1} = \frac{12}{7}$

при $C=0$, $F=2R$. Лучи проходят по фокусу, будет

Не получается постоянное $F(C)$. Выходит, может быть все же удовлетворяет в определенном упрощении. Можно считать, что $n=1$. Тогда $C = \frac{14}{8}, \frac{14}{8} - \frac{2}{8} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$. формула не работает.



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**.

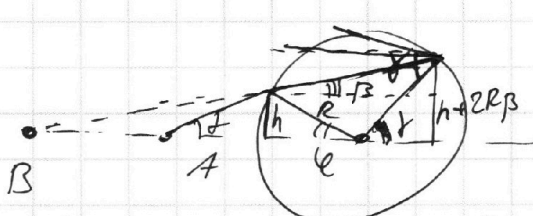
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

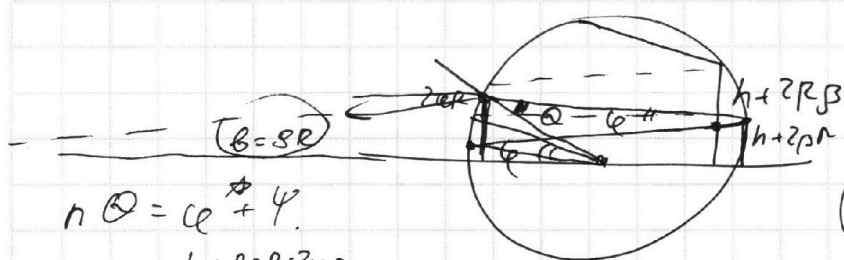
Забываю ограниченное покрытие!

Ограничение по углу $(\delta - \beta) =$
 $= \frac{h}{R} + \beta.$



$$\delta \approx \frac{h}{R} + 2\beta$$

Круговым луч имеет угол $\delta - 2\beta$ после отражения, это $\frac{h}{R} = \varphi.$



$$\varphi^* = \frac{h + 2R(\beta + \varphi)}{R} =$$

$$\varphi + 2\beta + 2\varphi.$$

$$n\varphi = \varphi^* + \varphi.$$

$$\varphi = \frac{h + 2R\beta + 2\varphi R}{b}$$

$$b = \frac{h + 2R(\varphi + \beta)}{2(\beta + \varphi)(n-1) - \varphi}$$

$$\varphi = \frac{h}{R}.$$

$$\delta + \varphi = n\beta + h\varphi.$$

$$\beta = \frac{\delta + \varphi(n-1)}{n}, \quad \delta = \frac{h}{R}$$

$$\frac{\frac{h}{R} + \frac{h}{R}(n-1)}{n}$$

$$b = \frac{3h + \frac{h}{n}(\frac{2R}{A} - 2(n-1))}{n}$$

$$b = \frac{h + \frac{h}{n}(\frac{2R}{A} + 2)}{2(n-1)h(\frac{1}{A} + \frac{1}{R}) + \frac{h}{R}}$$

$$= \frac{1 + \frac{2R}{An} + \frac{2}{n}}{2(1 - \frac{1}{n})(\frac{1}{A} + \frac{1}{R}) + \frac{1}{R}}.$$

$= 3R$, независимо от n .

Взяли $n=1$.

~~$$b = -3 + \frac{2R}{A}$$~~
~~$$\frac{1}{2R} \leq \frac{1}{b} = \frac{1}{-3 + \frac{2R}{A}}$$~~
~~$$\frac{1}{2R} + \frac{3}{2R} = \frac{1}{F} = \frac{1}{2R} \Rightarrow F = 2R$$~~
~~$$\frac{1}{11R} \Rightarrow R = \frac{11R}{7}$$~~
~~$$A = 7R - b, \quad A = -\frac{R}{b} \Rightarrow b = \frac{43R}{6}$$~~
~~$$A = \frac{2R}{b} = \frac{R}{3} \Rightarrow 7R - b = \frac{R}{3} \Rightarrow b = \frac{20R}{3}$$~~
~~$$\text{Отсюда } F = \frac{56R}{55}$$~~

2) Теперь доминирует $b - A = 3R$, чтобы совпадение $\Rightarrow b \geq 3R$.
 Воспользуемся выражением для β .



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!

$$b = \frac{n + \frac{2R}{A} + 2}{2(n-1)\left(\frac{1}{A} + \frac{1}{R}\right) + \frac{n}{R}} = 5R. \quad A = 2R - b_1.$$

$$\frac{48}{86R} + \frac{1}{b_1} = \frac{55}{86R} = \frac{1}{F}.$$

$$\frac{1}{b_1} = \frac{12}{86R} = \frac{6}{43R}$$

$$b_1 = \frac{43R}{6}, \text{ снова. (логично).}$$

$$A = -\frac{R}{6}, \quad \frac{1}{A} = -\frac{6}{R}$$

$$\left(-\frac{10(n-1)}{R} - \frac{n}{R}\right)$$

$$b = 5R = \frac{n+2 - \frac{2R}{R} \cdot 6}{-\left(\frac{10(n-1)}{R} + \frac{n}{R}\right)} = \frac{10-n}{11n-1} R$$

$$5 = \frac{10-n}{11n-1} \rightarrow 55n-5=10-n$$

$$15 = 56n - \text{невозможно...}$$

$$1) \text{ для } n=1: 8R = \frac{n + \frac{2R}{A}}{2(n-1)\left(\frac{1}{A} + \frac{1}{R}\right) + \frac{n}{R}} R \rightarrow \frac{2R^2}{A} = 6R \rightarrow A = \frac{R}{3} = 2R - b_1.$$

$$b_1 = \frac{20}{3} R. \quad \frac{1}{2R} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F}.$$

$$\frac{10}{20R} + \frac{3}{20R} = \frac{1}{F} = \frac{13}{20R} \rightarrow F = \frac{20R}{13}.$$

$$2) \text{ Воспользуемся выражением для } b. \quad \frac{n + \frac{2R}{A} + 2}{2(n-1)\left(\frac{1}{A} + \frac{1}{R}\right) + \frac{n}{R}} = 5R. \quad A \text{ снова } \frac{R}{3},$$

$$n + \frac{2R}{R} + 2 = n + 4.$$

$$2(n-1)\left(\frac{3}{R} + \frac{1}{R}\right) + \frac{n}{R} = \frac{8(n-1)+n}{R} = \frac{8n-8}{R}.$$

$$\frac{n+4}{8n-8} = 5. \rightarrow n+4 = 45n-40. \rightarrow 44n = 44$$

$$n = \frac{44}{44} = \frac{12}{11}$$

Order: 1) $F = \frac{20R}{3}$

2) $n = \frac{12}{11}.$

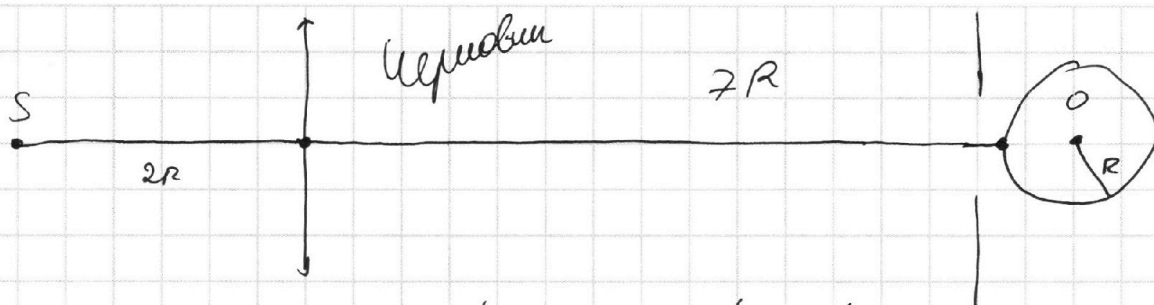


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



1) Увеличение линзы: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{2R} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F}$.

Увеличение в шаре:

Линза проецируется в $\frac{R}{2}$.

$$\sin(\alpha + 2) = n \sin \beta.$$

$$\sin \alpha, 2, \beta \approx \alpha, \beta.$$

$$\beta \approx \frac{\alpha + 2}{n}.$$

A - расстояние от S_1 до шара
B - го изображение S_1 .

$$\beta \approx \frac{h}{B}, \alpha \approx \frac{h}{A}$$

$$\alpha \approx \frac{h}{R}.$$

$$\frac{1}{B} \approx \frac{1}{n} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{A} \right).$$

Сферическая поверхность: $\frac{1}{R} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

Увеличение линзы и совпадает с S. $\rightarrow B = 8R; A = 7R - b_1$.

$$\begin{cases} \frac{n}{8R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{7R - b_1} \\ \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2R} \end{cases}$$

$$b_1 = \frac{2FR}{2R - F}, \quad 7R - b_1 = R \left(7 - \frac{2F}{2R - F} \right) = R \cdot \frac{14R - 8F}{2R - F}.$$

$$\frac{n}{8} = 1 + \frac{2FR}{R(14R - 8F)} = \frac{1}{R} \cdot \frac{14R - 8F + 4R - 2F}{14R - 8F} = \frac{1}{R} \cdot \frac{18R - 10F}{14R - 8F}.$$

$$\frac{n}{8} - 1 = \frac{R}{2R - b_1} \rightarrow \frac{7R - b_1}{R} = \frac{8}{n - 8} = 7 - \frac{b_1}{R} \rightarrow \frac{b_1}{R} = 7 - \frac{8}{n - 8} = \frac{7n - 72}{n - 8}.$$

$b_1 = \text{const}(n)$, т.е. зависит только от линзы.

$$\frac{7n - 72}{n - 8} = 1 - \frac{8}{n - 8}$$

$$\frac{7n - 72}{n - 8} = 1 - \frac{8}{n - 8}$$

$$\frac{7n - 72}{n - 8} = \text{const}(n) = \frac{7n - 72}{n - 8}.$$



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.

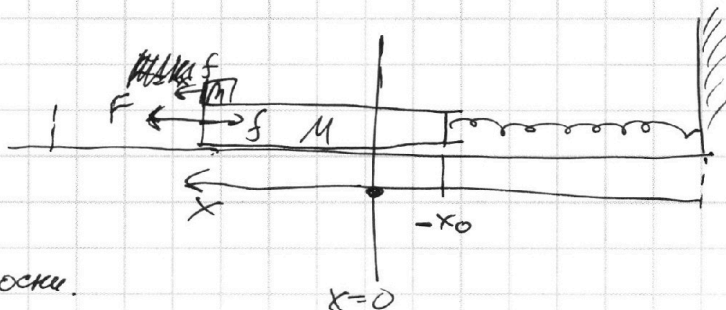
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
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!

$$F = -kx.$$

$$x(0) = -x_0.$$

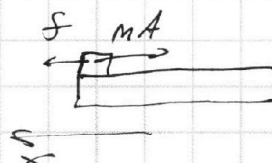


1) Периодом в КИСО гаски.

$MA_{\text{гаски}} = \tilde{F} - f$, где f - сила трения, $A_{\text{гаски}} = A$ - ускорение гаски.

$$MA = -kx - f. \rightarrow A = -\frac{kx + f}{M}.$$

Тогда: $a_{\text{гаски}} = \frac{f - mA}{m} = a_{\text{отн}}$



Когда $a_{\text{отн}} = 0$: $f = mA$. Отсюда и су $A = -\frac{kx + f}{M}$:

$$A = -\frac{kx}{M} - A \frac{m}{M} \rightarrow A \left(\frac{m+M}{M} \right) = -\frac{kx}{M} \rightarrow A = -\frac{kx}{M+m}.$$

До $x=0$: $f = \mu mg$. Выводим (когда $x=0$, $a_{\text{отн}}=0$, $A_{\text{гаски}} = \frac{f}{m}$).

До $x=0$, $A = -\frac{kx + \mu mg}{M} = \ddot{x}$.

$$\ddot{x} = -\frac{kx}{M+m} - \frac{\mu mg}{M+m} \rightarrow \ddot{x} = -\frac{kx}{M+m} - \frac{\mu mg}{M+m}$$

$\tilde{x} = A \cos \omega t + B \sin \omega t$, $x = \tilde{x} - \frac{\mu mg}{k}$, $x(0) = -x_0 = \tilde{x}_0 - \frac{\mu mg}{k}$.

$\tilde{x}_0 = \frac{\mu mg}{k} - x_0 = A$, $\dot{\tilde{x}}(0) = \dot{\tilde{x}}(0) = 0 = \frac{B}{\omega} \rightarrow B = 0$.

$x = \left(\frac{\mu mg}{k} - x_0 \right) \cos \omega t - \frac{\mu mg}{k} = 0$. В этот момент $A = -\frac{kx + f}{M} = 0$.

1. $a_{\text{отн}} = 0 \rightarrow x = 0$.

885

$f = 0$.

$a_{\text{отн}} \text{ бруска} = 0$.

$\frac{100}{182}$

$\frac{1850}{177} \mid 177$
 $\underline{-177} \quad 10452$

$\frac{500}{385}$

$4 : 600$

$400 - 308 = 92$

$\frac{10450}{182}$

$\frac{1045}{182} \mid 182$
 $\underline{-182} \quad 1056$

$\frac{800}{820} \mid 820$
 $\underline{-820} \quad 350$

$\frac{500}{400}$

820

600

$600 + 182 = 782$

$\frac{1045}{182} \mid 182$
 $\underline{-182} \quad 1056$
 $\underline{-1056} \quad 0$

$\frac{800}{820} \mid 820$
 $\underline{-820} \quad 350$
 $\underline{-350} \quad 0$

$\frac{500}{400}$

820

600

$600 + 182 = 782$

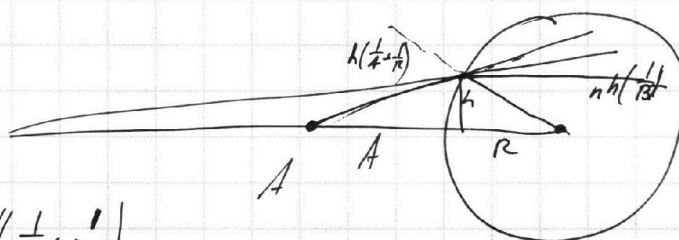
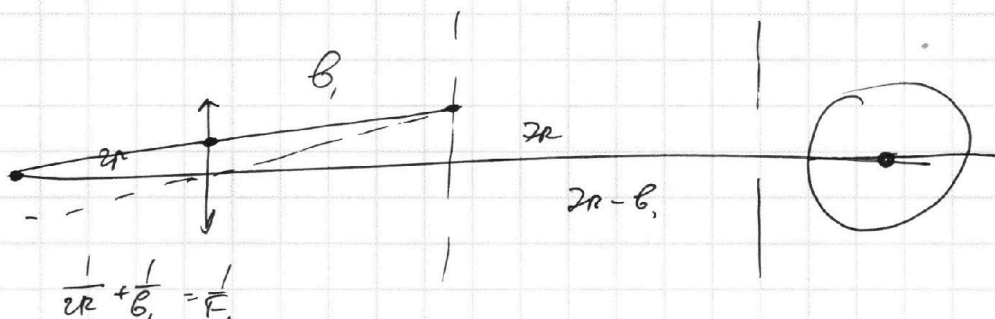


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$h\left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B}\right) = n h \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{R}\right)$$

$$\frac{1}{A} - \frac{1}{B} = \frac{1}{R}(n-1)$$

$$-3R - \frac{2R^2}{A} = 8R$$

$$\frac{2R^2}{A} = -11R$$

$$A = -\frac{R}{6} = 2R - b_1$$

$$b_1 = \frac{12R + R}{6} = \frac{13}{6}R \approx 10.8\overline{3}R + \frac{12}{6}R = \frac{1}{F} =$$

$$\frac{55}{86R} = \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{86R}{55}$$