



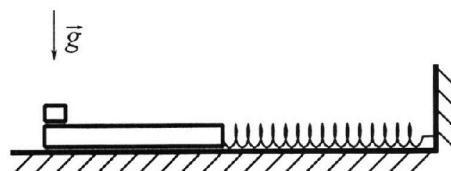
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-02



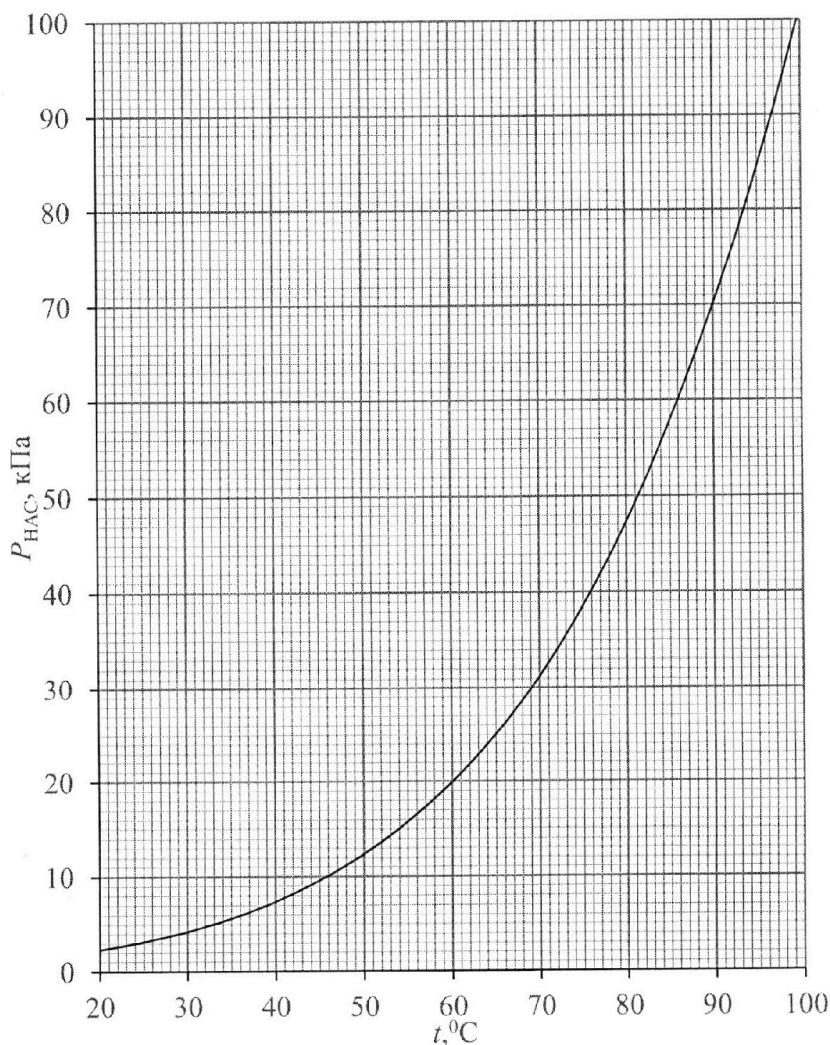
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинную доску массой  $M = 2$  кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брускок массой  $m = 1$  кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жесткостью  $k = 50$  Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Доску отпускают, она начинает движение, а брускок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первого раз, относительное движение бруска по доске прекращается. 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 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  $t_0 = 27$  °C и жидкую воду. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры  $t = 97$  °C. 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  $\phi$  в конце нагревания.

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



# Олимпиада «Физтех» по физике,

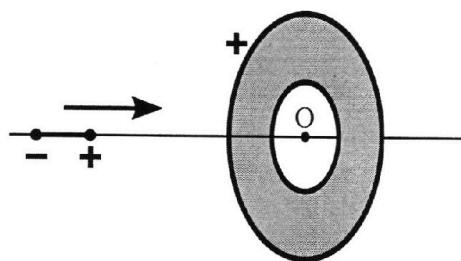
февраль 2025



## Вариант 11-02

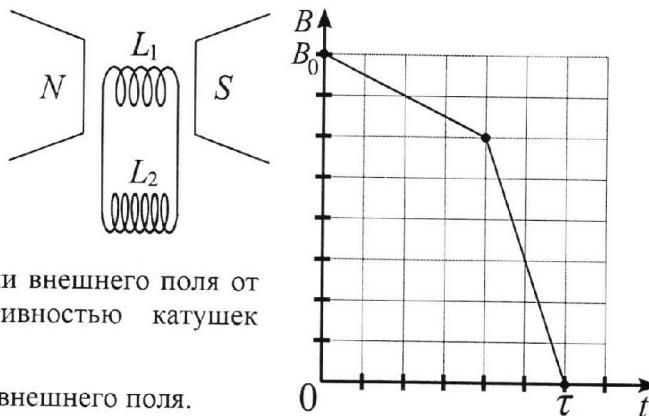
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

**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 диполю начальную скорость  $V_0$ .



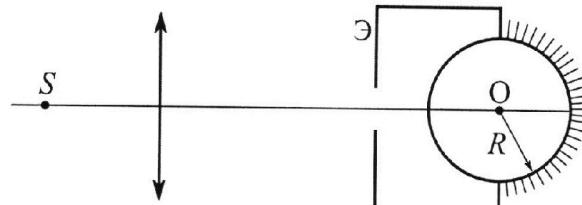
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

**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  $\tau$ . 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.

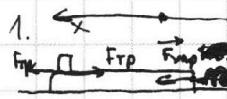
Отражение света от внутренней поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



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 7СТРАНИЦА  
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. 1) В момент, когда относительное ускорение бруска и доски равно 0, их ускорения равны по модулю и направлению. Число эти равны а

По второму закону Ньютона:  $F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} = Ma$  для доски

$\cancel{F_{\text{тр}}} = m \cdot g$ , т.к. оба бруска движутся относительно доски

$$m \cdot g = m \cdot a \quad a = g$$

$$kx - mg = M \ddot{x} \quad x = \frac{\mu(m+M)g}{k} = 0,18 \text{ м} > 18 \text{ см}$$

2) Введем ось  $x$ , направленную по направлению движения доски и начали, расположенным на  $\Delta l_0 = \frac{m \cdot g}{k}$  левее начального положения правого края доски, с единичной пружиной в некоторый момент времени до остановки бруска относительно доски (тогда  $F_{\text{тр}} = m \cdot g$ ) правый конец доски находится в  $x$ , то расстояние пружины  $\Delta l = \frac{m \cdot g}{k} - x$

$$M\ddot{x} = k\Delta l - mg - \text{второй закон Ньютона}$$

$$M\ddot{x} = mg - kx - mg \quad \ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0 - \text{уравнение гармонических колебаний}$$

До остановки бруска относительно доски доска движется по гармоническому закону  $x = x_0 \cos(\omega t)$ , где  $x_0 = \frac{m \cdot g}{k}$  - начальное положение правого края доски,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} - \text{циклическая частота}$$

$$\dot{x}(t) = \omega_0 x_0 \sin(\omega_0 t) = \sqrt{\frac{k}{M}} \left( \Delta l_0 - \frac{mg}{k} \right) \sin(\omega_0 t)$$

$$\ddot{x}(t) = -\omega_0^2 x_0 \cos(\omega_0 t) = \frac{k}{M} \left( \Delta l_0 - \frac{mg}{k} \right) \cos(\omega_0 t)$$

$$\ddot{x}(t) = 0 \text{ при } \cos(\omega_0 t) = 0, \text{ т.е. при } t = \frac{\pi}{2\omega_0}$$

По условию в этот момент скорости доски и бруска равны:

$$\dot{x}(t) = mg t \Rightarrow \left( \Delta l_0 - \frac{mg}{k} \right) \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{mg\pi}{2\omega_0}$$

$$\Delta l_0 = \frac{mg}{k} + \frac{mg\pi}{2\omega_0} = \frac{mg}{k} (m + \frac{\pi}{2}) \quad x_0 = -\frac{\pi mg}{2\omega_0}$$

$$\ddot{x}(0) = -\omega_0^2 x_0 \cos(0) = \frac{k}{M} \cdot \frac{\pi mg}{2\omega_0} = \frac{\pi mg}{2\omega_0} \approx 9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

3) в момент времени  $t_0$  ускорение бруска и доски сравняются:

$$\dot{x}(t_0) = mg \approx \frac{k}{M} \cdot \frac{\pi mg}{2\omega_0} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{t_0}{\omega_0}\right) = mg \quad \pi \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{t_0}{\omega_0}\right) = 1$$



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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$\cos(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$\sin(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0) = \sqrt{1 - \frac{1}{\pi^2}} = \frac{\sqrt{\pi^2 - 1}}{\pi}$$
$$x(t_0) = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{\pi \mu M g}{k} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0\right) = \mu g \sqrt{\frac{M(\pi^2 - 1)}{k}} \approx \frac{6}{5} \sqrt{2} \frac{M}{C} \approx 1,69 \frac{M}{C}$$

Ответ: 1) 18 см; 2)  $9 \frac{M}{C^2}$ ; 3)  $1,69 \frac{M}{C}$

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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

2. 1) Пусть  $m_n$  и  $m_b$  массы пара и воды в начале,  $m_b = 11m_n$ . В конце вся вода испарилась, масса пара стала равна  $m_n + m_b$ .

$$\frac{m_n + m_b}{m_n} = 12$$

2) В начале пар и вода находятся в равновесии  $\Rightarrow$  пар насыщен, его давление  $P_{no}$  при температуре  $T_0$

$P_{no}V = V_n RT_0$  - уравнение Менделеева-Капелбрата для пара

$$V_n = \frac{m_n}{M_n} \quad V = \frac{m_n RT_0}{P_{no} M_n} - объем сосуда$$

Когда испарение ~~воды~~ прекратится, пар будет насыщен и имеет давление  $P_n^*$  при температуре  $T^*$

$P_n^* V = \frac{m_n + m_b}{M_n} RT^*$  - уравнение Менделеева-Капелбрата

$$P_n^* \cdot \frac{m_n RT_0}{P_{no} M_n} = \frac{m_n + m_b}{M_n} RT^* \quad P_n^* = \frac{12 P_{no} T^*}{T_0}$$

График зависимости давления насыщенного пара от температуры пересекается с графиком  $P_n^*(T^*) = \frac{12 P_{no}}{T_0} T^*$  при  $T^* \approx 81^\circ C$

3) В конце нагревания пар имеет ~~то же самое~~ давление  $P$

$PV = \frac{m_n + m_b}{M_n} RT_1$  - уравнение Менделеева-Капелбрата

$$\frac{P_{no} RT_0}{P_{no} M_n} = \frac{m_n + m_b}{M_n} RT_1 \quad P = \frac{12 P_{no} T_1}{T_0}$$

$Q = \frac{P}{P_{n1}} = \frac{12 P_{no} T_1}{P_{n1} T_0}$ , где  $P_{n1}$  - давление нас. пара при  $T_1$

$$Q = \frac{12 P_{no} T_1}{P_{n1} T_0} \approx \frac{37}{65} \approx 0,57$$

Ответ: 1) 12; 2)  $81^\circ C$ ; 3) 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

3. 1) Когда центр диполя совпадает с центром диска, потенциалы с полюс диска в концах диполя равны по **содержанию** символов

$$\text{зг: } \frac{mV_0^2}{2} = \varphi \cdot q + \varphi \cdot (-q) + \frac{mV^2}{2}, \text{ где } q - \begin{matrix} \text{изначальный} \\ \text{заряд полюситального конца} \\ \text{диполя} \end{matrix}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \quad V = V_0 - \text{скорость в этот момент}$$

2) Пусть в некоторый момент времени до прохождения диполя потенциалы полюс в концах диполя равны  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . Но скорость диполя и по закону сохранения энергии  $\frac{mV_0^2}{2} = \varphi_1 \cdot (-\frac{q}{2}) + \varphi_2 \cdot \frac{q}{2} + \frac{mU^2}{2}$

$$U = \sqrt{V_0^2 - \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)q}{m}}$$

Аналогично, для полета диполя с зарядами  $q$  и  $-q$ :

$$\frac{mV_0^2}{2} = \varphi_1 \cdot (-q) + \varphi_2 q + \frac{mU^2}{2} \quad U = \sqrt{\frac{V_0^2 + (\varphi_2 - \varphi_1)q}{m}}$$

появляется возможен при

$$V_0 \geq \sqrt{2(\varphi_2 - \varphi_1)q} \quad V_0 - \text{максимальная скорость,}$$

при которой проходит через диск возможен  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{2(\varphi_2 - \varphi_1)q} \quad \sqrt{2\Delta\varphi_{\max}q}, \text{ где } \Delta\varphi_{\max} - \text{максимальная разница } \varphi_2 - \varphi_1 \text{ на оси полета} \quad \Delta\varphi_{\max} = \frac{mV_0^2}{2q}$$

$$U = \sqrt{V_0^2 - \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)q}{m}} \quad U_{\max} = \sqrt{V_0^2 - \frac{0 \cdot q}{m}} = V_0 \text{ при } \varphi_2 = \varphi_1,$$

достигается

результатом при совпадении центров диполя и диска

$$U_{\min} = \sqrt{V_0^2 - \frac{\Delta\varphi_{\max}q}{m}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: 1) } V_0; 2) V_0 \text{ и } \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

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



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

ч. 1) Пусть  $I$  - ток в катушках, направлен, так, что магнитное поле, создаваемое им в  $L_1$ , сопротивлено с внешним

Магнитные потоки в катушках равны:

$\Phi_1 = L_1 I + B_0 S_1$ , где  $B$  внешнее магнитное поле в данный момент времени

$$\Phi_2 = L_2 I$$

$$E_{\text{наг.}1} = - \frac{d\Phi_1}{dt} = - \frac{L_1 dI}{dt} - \frac{dB}{dt} nS_1$$

$$E_{\text{наг.}2} = - \frac{d\Phi_2}{dt} = - \frac{L_2 dI}{dt}$$

Сопротивление в катушке нет  $\Rightarrow E_{\text{наг.}1} + E_{\text{наг.}2} = 0$

$$-(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} - \frac{dB}{dt} nS_1 = 0 \quad dB \cdot nS_1 = -(L_1 + L_2) dI$$

$$\int_{B_0}^B nS_1 dB = - \int_{I_0}^I (L_1 + L_2) dI$$

$$-B_0 nS_1 = -(L_1 + L_2) I_0 \quad I_0 = \frac{B_0 nS_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 nS_1}{7L}$$

2)  $\int nS_1 dB = - \int (L_1 + L_2) dI$  в момент времени, когда внешнее поле равно  $B$ , а ток в катушках  $I$

$$nS_1(B - B_0) = -(L_1 + L_2) I \quad B_0 - B = (L_1 + L_2) I$$

$$nS_1(B_0 dt - B dt) = (L_1 + L_2) I dt$$

$$nS_1(B_0 dt - B dt) = (L_1 + L_2) dq \quad dq - заряд проекции за малое время dt$$

$$nS_1 \left( \int_0^t B_0 dt - \int_0^t B dt \right) = (L_1 + L_2) dq \quad nS_1 (B_0 t - \int_0^t B dt) = q(L_1 + L_2)$$

$\int B dt$  равен площади под графиком  $B(t)$  и равен  $\frac{17}{29} B_0 t$

$$q(L_1 + L_2) = \frac{7}{29} B_0 t nS_1 \quad q = \frac{\frac{7}{29} B_0 t nS_1}{29(L_1 + L_2)} = \frac{B_0 t nS_1}{29L}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{B_0 nS_1}{7L}; 2) \frac{B_0 nS_1 t}{29L}$$

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"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

5.1) Изображение источника в линзе находится на расстоянии  $d$  от линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{d} \quad - \text{формула тонкой линзы}$$

$a = \frac{aF}{a-F}$  Это изображение является источником для шара, который дает изображение на расстоянии  $d'$  от линзы. Изображение этого изображения в линзе совпадает с источником только при  $d' = d$ . Т.е. Все ~~лучи~~ лучи из первого изображения после ~~возвращаются~~ <sup>столкновения</sup> в шаре возвращаются в ту же точку.

При этом показатель преломления такого возможно, только если  $d = d' = b + R$ , т.е. первое изображение находится в центре шара

~~Быстро~~  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}$   $F = \frac{a(b+R)}{b+R-a} = \frac{8}{3}R$



Луч  $\alpha$  падает под углом  $\alpha$  к радиусу шара, преломляется под углом  $\frac{\alpha}{n}$  к ~~радиусу~~ <sup>нормали</sup>

Поскольку  $\alpha$  после выхода луч приходит в ту же точку на главной оптической оси, что и до, его ход симметричен относительно этой оси

На обратную сторону он падает на вторичной оси

$$h = \beta \cdot (d - b + R) \quad h = \frac{2\alpha}{n} R \quad \frac{2\alpha R}{n} = \left(\frac{2}{n}-1\right) \cdot 5R$$

$$\beta = \frac{h}{R} - \alpha \quad \beta = \frac{2\alpha}{n} - \alpha \quad R = \left(\frac{2\alpha}{n} - \alpha\right)^{-1} \quad \frac{2}{n} = \frac{10}{n} - 5 \quad \frac{2}{n} = 5 \quad n = \frac{8}{5}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{8}{3}R; 2) \frac{8}{5}$$

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



- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$\begin{aligned}
 & M\ddot{x}_1 = kx - \mu mg \quad m\ddot{x}_2 = \mu mg \\
 & \cancel{x_1} \quad x_2 = x_0 \cos(\sqrt{\frac{k}{m}} t) \quad x = \frac{\mu mg}{k} + (x_0 - \frac{\mu mg}{k}) \cos(\sqrt{\frac{k}{m}} t) \\
 & \ddot{x}_2 = -\left(\frac{kx_0}{m} - \frac{\mu mg}{m}\right) \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) \quad \dot{x}_2 = -\sqrt{\frac{k}{m}} \times x_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) \\
 & \cancel{\mu mg} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) = 0 \quad \sqrt{\frac{k}{m}} \times x_0 = \mu mg t \quad \frac{kx_0}{M} = \mu mg \cdot \frac{\pi}{2} \\
 & t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} \quad x_0 = \frac{\mu mg M \pi}{2k} \\
 & \left(\frac{kx_0}{M} - \frac{\mu mg}{M}\right) \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0\right) = \mu g \quad \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0\right) = \frac{\mu Mg}{\frac{\pi}{2} \mu Mg - \mu mg} = \frac{2M}{\pi M - 2m} \\
 & x = \frac{\mu mg}{k} + \frac{\mu g}{k} \left(\frac{\pi}{2} - m\right) \cdot \frac{2M}{\pi M - 2m} = \boxed{\frac{\mu(m+M)g}{k}} \quad x \cdot \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu Mg}{k} \\
 & a_0 = \frac{kx_0 - \mu mg}{M} = \mu g \left(\frac{\pi}{2} - \frac{m}{M}\right) \\
 & \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t_0\right) = \sqrt{1 - \left(\frac{2M}{\pi M - 2m}\right)^2} \quad \varphi_0 = \sqrt{\frac{M}{k}} \frac{\mu g \pi}{2} \sqrt{1 - \frac{4M^2}{(\pi M - 2m)^2}}
 \end{aligned}$$

2.  $P_0 V = \nu_B R T_0$      $P'_B V = \nu_B R T_1$      $\frac{37000}{325} | \frac{65}{5469}$   
 $P_n V = \nu_n R T_0$      $P'_n V = (\nu_n + \nu_B) R T_1$      $\frac{4500}{390} | \frac{600}{705}$

$$\begin{aligned}
 \nu_n &= \frac{m_n}{\mu} \quad \nu_B = \frac{11m_n}{\mu} \quad \cancel{\nu_B (\nu_n + \nu_B)} = \frac{m_n}{\mu} = 12 \\
 P_n V &= 12 \nu_n R T^* \quad \cancel{\nu_n R T_0} \frac{P_H}{P_{H1}} = 12 T^* \cancel{R T_0} \quad T^* = \frac{T_0 P_H}{12 P_0} \\
 P_n^* &= \frac{12 P_n}{T_0} T^* = \frac{P_n}{25} T^* \quad \frac{51}{48} \quad \frac{3.5 \cdot 3.55}{25} \quad \frac{7}{2} \cdot \frac{71}{5} \quad \frac{45+}{19} \quad \frac{49,7}{49,7} \quad \frac{77}{49} \quad \frac{82}{49,7} \\
 P'_n V &= 12 P_n V \frac{T_1}{T} \quad P'_n = 12 P_n \frac{T_1}{T_{H1}} \quad \varphi = \frac{P}{P_{H1}} \frac{12 P_n T_1}{P_n^* T} = \frac{24}{32} | \frac{32}{55}
 \end{aligned}$$

~~E<sub>ext</sub> k A ΔT~~  $\Rightarrow 3. \nu = V_0$      $\varphi_2 q - \varphi_1 q = (\varphi_2 - \varphi_1)q$      $\frac{m V_0^2}{2} = (\varphi_2 - \varphi_1)q$

$$\begin{aligned}
 \frac{m V_{min}^2}{2} &= \frac{m V_0^2}{2} \quad V_{min} = \frac{V_0}{\sqrt{2(\varphi_2 - \varphi_1)q}} \\
 9. \quad \Phi_1 &= L_1 I + B n S_1 \quad \Phi_2 = \mu \frac{I^2}{L_2} \quad -L_1 \frac{dI}{dt} \neq \frac{dB}{dt} n S_1 \quad -L_2 \frac{dI}{dt} = 0 \\
 -dB &= (L_2 + L_1) dI \quad \cancel{B_0} = \frac{L_2 + L_1}{n S_1} I_0 \quad \frac{dI}{dt} = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} \\
 \cancel{B_0} \cancel{B_0} &= \frac{L_1 + L_2}{n S_1} I \quad B_{0dt} - B_{00dt} = \frac{L_1 + L_2}{n S_1} \frac{dI}{dt}
 \end{aligned}$$

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



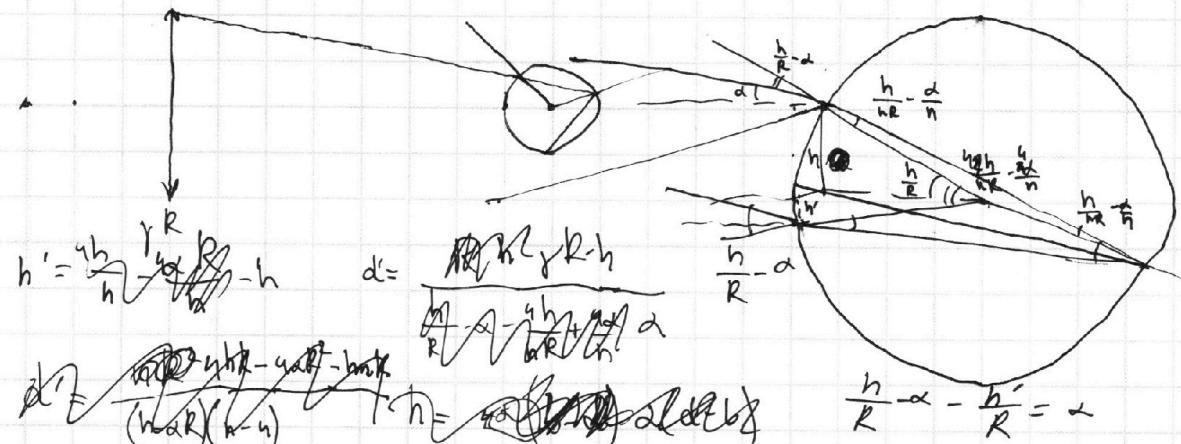
- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------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

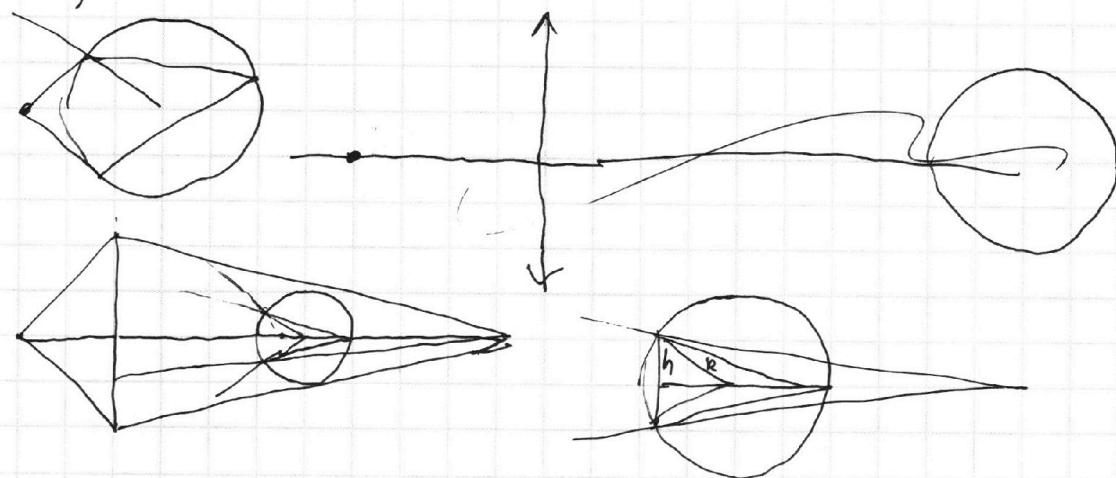
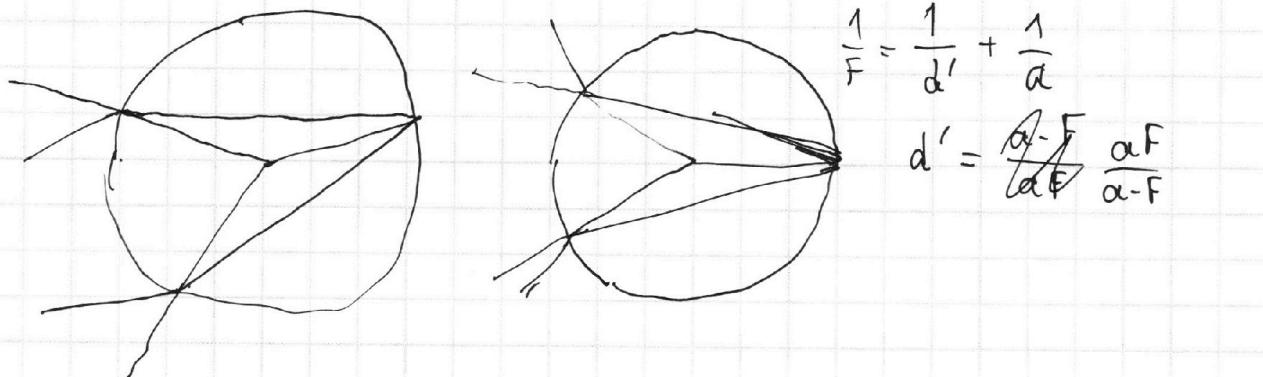
$$-\int B_0 dt + B_0 T = \frac{L_1 + L_2}{n S_1} q \quad q = \left( -\frac{17}{24} B_0 T + B_0 T \right) h S_1 = \frac{7 B_0 T n S_1}{24 (L_1 + L_2)}$$

5.



$$\frac{h}{R} - \alpha - \frac{h'}{R} = \alpha \quad \gamma = 2 \left( \frac{h}{R} - \alpha \right) \quad d' = \frac{h'}{\frac{h}{R} - \alpha - \frac{h'}{R}} = \frac{h' k}{h - \alpha R - h'}$$

$$d' = \frac{(h - \alpha R)R}{h - \alpha R - \frac{h' k R}{n} + \frac{\alpha R^2}{n} - h R} = R$$



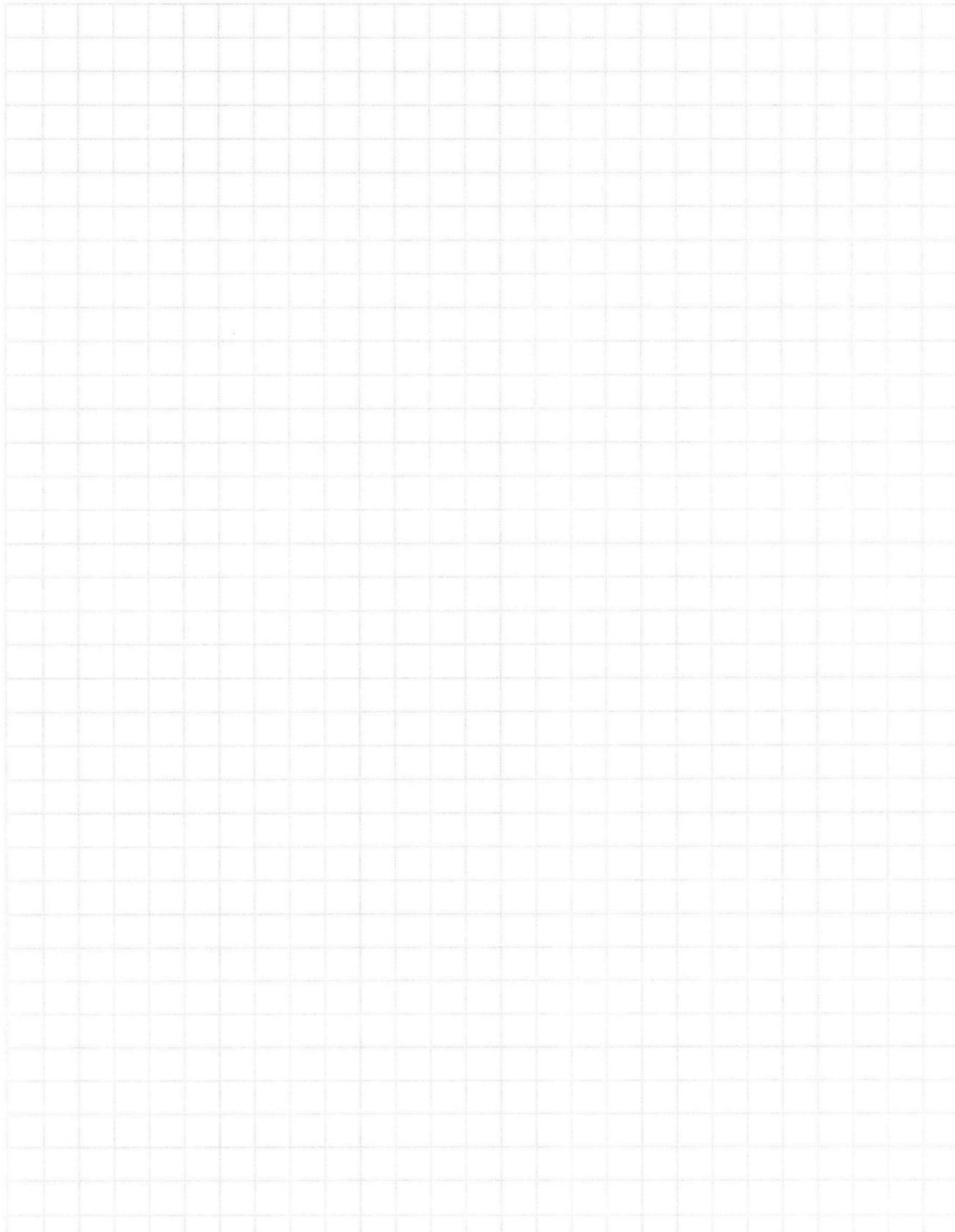


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input 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!





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!