



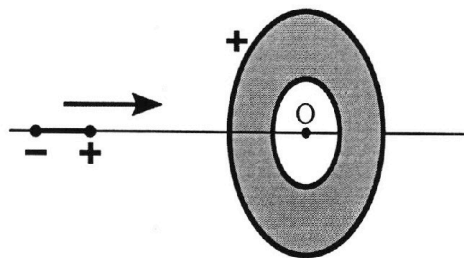
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

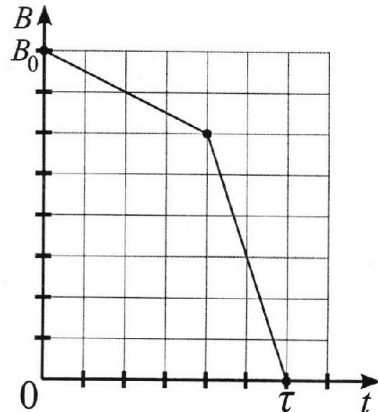
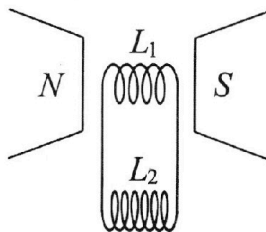


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



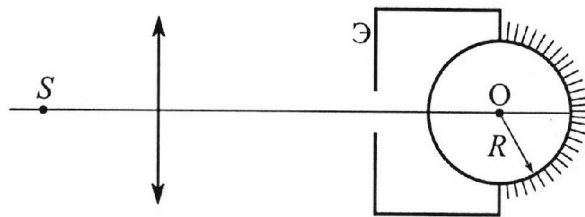
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 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.

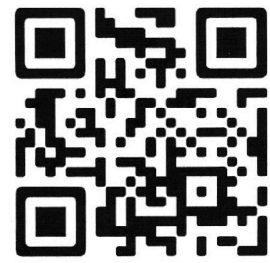
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



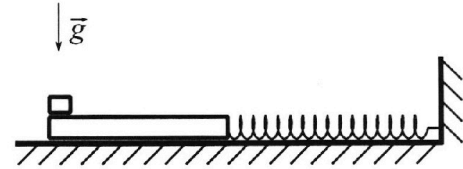
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

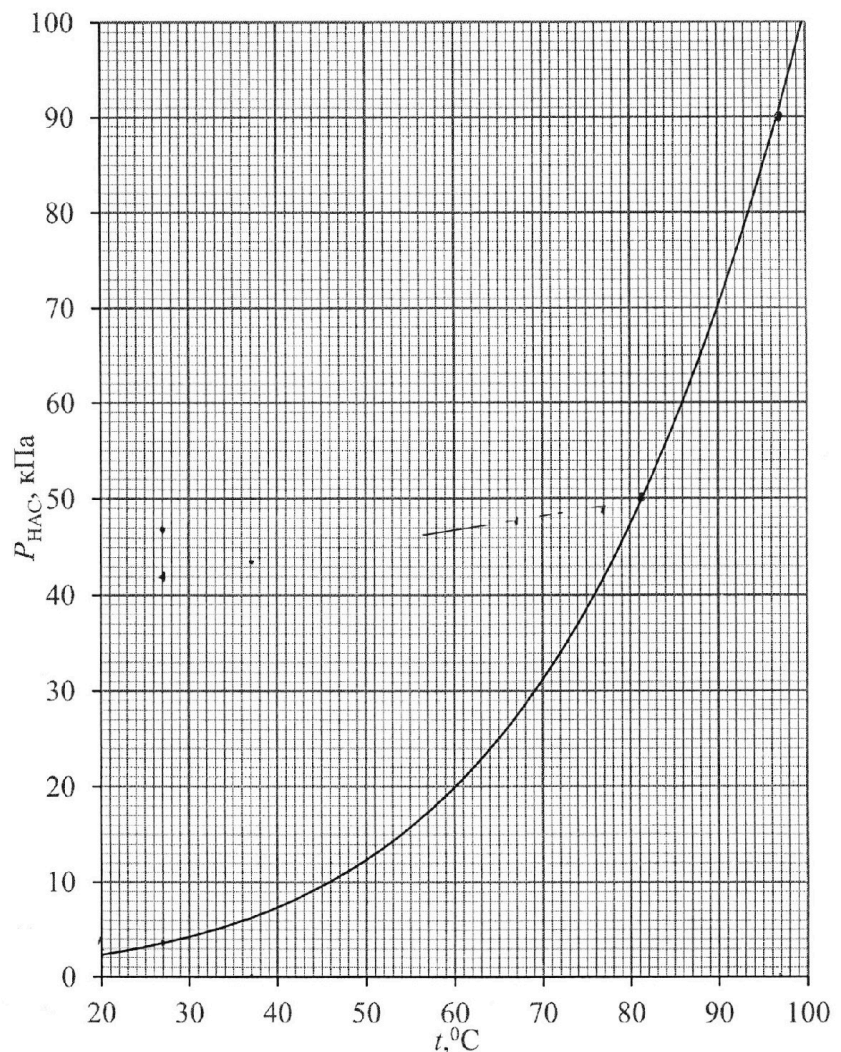


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °C и жидкая вода. 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 ϕ в конце нагревания.

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



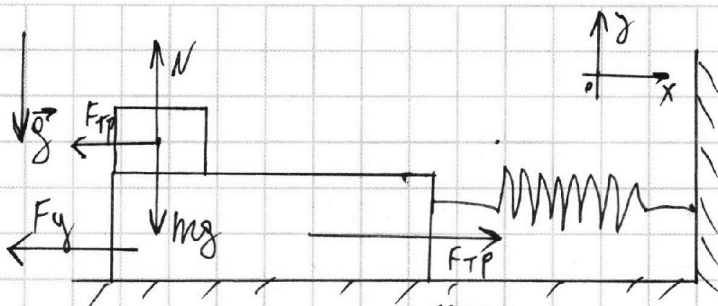


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



F_y — сила упругости, $F_{тр}$ — сила трения, N — сила реакции доски. По условию, брусок сразу начинает двигаться относительно доски, поэтому сила трения $F_{тр} = \mu N$. 2 3л для бруска: ось y : $N = mg$
2 3л для доски: ось x : $F_y - F_{тр} = Ma$ ③ ось x : $F_{тр} = m a_{б}$
 $F_y = k(l - x)$, где l — длина на которую сжата пружина
в нач. мом. x — перемещение доски (от н.о.н.с. координат)
③: $k(l - x) - \mu mg = Ma \Rightarrow k(l - x) - \mu mg = Ma$

$kl - kx - \mu mg = Ma$ 1: m
 $Ma + kx = kl - \mu mg$, заметим, что $x < 0$
 $a + \frac{k}{m}x = \frac{kl - \mu mg}{m}$ — ур. гармонических колебаний.
 $\omega^2 = \frac{k}{m}$ — циклическая частота.

$$x(t) = x_1 + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

$$x_1 = \frac{kl - \mu mg}{m} \cdot \frac{1}{\omega^2} = \frac{kl - \mu mg}{m} \cdot \frac{m}{k} = l - \frac{\mu mg}{k}$$

$$x(0) = 0; x(0) = x_1 + A \sin(0) + B \cos(0) = x_1 + B = 0$$

$$\Rightarrow B = -x_1 = \frac{\mu mg}{k} - l$$

$$x'(0) = 0; x'(t) = A \cos(\omega t) \cdot \omega - B \sin(\omega t) \cdot \omega$$

$$x'(0) = A \omega \cos(0) - B \sin(0) \cdot \omega = A \omega = 0 \Rightarrow A = \frac{0}{\omega} = 0$$

Итак: зависимость координаты доски от времени:

$$x(t) = l - \frac{\mu mg}{k} + \left(\frac{\mu mg}{k} - l \right) \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

$$\text{скорости: } v(t) = \left(l - \frac{\mu mg}{k} \right) \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{ускорения: } x''(t) = a(t) = \left(\frac{\mu mg}{k} - l \right) \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t) = -B \omega^2 \cos(\omega t)$$



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 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!

$a(t) = (l - \frac{\mu mg}{k}) \cdot \frac{k}{mM} \cos(\sqrt{\frac{k}{mM}} t)$ Найдем время, когда $a = 0$: $(l - \frac{\mu mg}{k}) \cdot \frac{k}{mM} \cos(\sqrt{\frac{k}{mM}} t_1) = 0$ (первый раз)

$$\cos(\sqrt{\frac{k}{mM}} t_1) = 0. \quad \sqrt{\frac{k}{mM}} t_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{2 \sqrt{\frac{k}{mM}}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mM}{k}}$$

Скорость доски в этот момент:

$$v(t_1) = (l - \frac{\mu mg}{k}) \sin(\sqrt{\frac{k}{mM}} \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mM}{k}}) \cdot \sqrt{\frac{k}{mM}} = (l - \frac{\mu mg}{k}) \cdot \sqrt{\frac{k}{mM}}$$

По условию в момент времени t_1 брусок прекращает движение отн-о доски, поэтому его скорость u и равна $v(t_1)$: $u = (l - \frac{\mu mg}{k}) \sqrt{\frac{k}{mM}}$

Брусок двигался равноускоренно: ② $\mu mg = ma_1$, $a_1 = \mu g$. $u(t) = a_1 t$. $u_1 = a_1 t_1 = \mu g \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mM}{k}}$

$$(l - \frac{\mu mg}{k}) \sqrt{\frac{k}{mM}} = \frac{\pi}{2} \cdot \mu g \cdot \sqrt{\frac{mM}{k}} \quad | \cdot \sqrt{\frac{k}{mM}}$$

$$l = \frac{\pi}{2} \mu g \frac{mM}{k} + \frac{\mu mg}{k} = \mu g (\frac{\pi}{2} \frac{M}{k} + \frac{m}{k})$$

$$l = \frac{\pi}{2} \mu g \frac{M}{k} + \frac{\mu mg}{k} = \mu g (\frac{\pi}{2} \cdot \frac{M}{k} + \frac{m}{k}) = 0,3 \cdot 10 \cdot (\frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{1}{50} + \frac{1}{50}) = 3(3+1) \cdot \frac{1}{50} = \frac{12}{50} = \frac{6}{25} = 0,24$$

Приступая к 1 пункту: о тн. ускор. бруска и дос. $= 0$, значит $a \neq a_1 = \mu g$ (т.к. ускор. бруска не равно $a_1 = \mu g$)

④: $(l - \frac{\mu mg}{k}) \cdot \frac{k}{m} \cos(\sqrt{\frac{k}{m}} t_2) = \mu g$

$$\cos(\sqrt{\frac{k}{m}} t_2) = \mu g \cdot \frac{1}{(l - \frac{\mu mg}{k}) \cdot \frac{k}{m}} = \frac{3}{(0,24 - \frac{3 \cdot 1}{50}) \cdot \frac{50}{2}} = \frac{3}{0,18 \cdot 25} = \frac{4,5}{3} = \frac{3}{2}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} t_2 = \arccos(\frac{2}{3}) \Rightarrow t = \arccos(\frac{2}{3}) \cdot \frac{1}{5}$$

$$x(t_2) = (l - \frac{\mu mg}{k}) + (\frac{\mu mg}{k} - l) \cdot \cos(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \frac{1}{5} \arccos(\frac{2}{3}))$$

$$x(t_2) = l - \frac{\mu mg}{k} + \frac{2}{3} \frac{\mu mg}{k} - \frac{2}{3} l = \frac{1}{3} l - \frac{1}{3} \frac{\mu mg}{k}$$



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
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!

$$x(t_2) = \frac{1}{3}l - \frac{1}{3} \frac{mg}{k} = \frac{1}{3} \cdot 0,24 - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{50} = 0,08 - 0,02 = 0,06 \text{ м.}$$

Тогда статические пружины: $l - x(t_2) = 0,24 - 0,06 = 0,18 \text{ м} = 0,18 \text{ м}$

$$a(0) = \left(l - \frac{mg}{k} \right) \cdot \frac{k}{M} \cos(0) = \left(0,24 - \frac{3}{50} \right) \cdot \frac{50}{2} =$$

$$= 0,18 \cdot 25 = 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \text{ускорение доски сразу после начала движения.}$$

Пункт 3: $v(t_2) = \left(l - \frac{mg}{k} \right) \cdot \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \arccos \left(\frac{2}{3} \right) \right) \cdot \sqrt{\frac{k}{M}} =$

$$= \left(0,24 - \frac{3}{50} \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{9}} \cdot \sqrt{\frac{50}{2}} = 0,18 \cdot \sqrt{\frac{5}{9}} \cdot 5 = 0,18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot 5 = 0,06 \cdot 5\sqrt{5} = 0,3\sqrt{5}$$

Ответ: 4) 0,06 1) 0,18 м
2) $4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
3) $0,3\sqrt{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



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
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!

Кол-во вещ-ва пара вначале γ , тогда кол-во
вещ-ва воды: 11γ , об-ем сосуда V
Вначале γ В конце 12γ ~~После сосуда вы-~~
~~дасть вода, то~~
пар всегда насыщен.

$$\begin{array}{|c|} \hline \gamma \text{ to } V \\ \hline P_{\text{по}} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline 12\gamma \text{ to } V \\ \hline P_{\text{пк}} \\ \hline \end{array}$$

Давление вначале
(пара): $P_{\text{по}} = 3,5 \text{ кПа}$
(по графику)

Давление пара в конце, если прекратится
уплощение, оно останется насыщенным:

$P_{\text{пк}} = 90 \text{ кПа}$ (по графику)

Уравнение Менделеева-Клапейрона для пара в начале:

$P_{\text{по}} V = \gamma R T_0$. В конце вся вода испарится

и пара станет $\gamma + 11\gamma = 12\gamma$. УМК: $P_{\text{пк}} V = 12\gamma R T$

$P_{\text{пк}}$ - давление пара в конце, если $\gamma = 12\gamma$ и

предположить, что он насыщен.

$$\textcircled{1} \textcircled{2}: \frac{P_{\text{по}}}{P_{\text{пк}}} = \frac{t_0}{12t} \Rightarrow P_{\text{пк}} = \frac{12t \cdot P_{\text{по}}}{t_0} = \frac{12 \cdot 3,5}{27 \cdot 300} = \frac{4 \cdot 3,5}{9} =$$

$$= \frac{14 \cdot 3,5}{9} = 5,4 \text{ кПа}$$

$$= 5,4 \text{ кПа} < P_{\text{пк}} = 90 \text{ кПа}, \text{ значит}$$

пар в конце процесса насыщен и вода

вода действительно испарилась об. масса

пара вначале: $m_0 = \mu \gamma$, в конце: $m_k = \mu \cdot 12\gamma$

$$\frac{m_k}{m_0} = \frac{12\gamma \mu}{\mu \gamma} = 12, \text{ где } \mu = 18 \text{ моль.}$$

$$\frac{m_k}{m_0} = 12, \text{ где } \mu = 18 \text{ моль.}$$

Пусть испарение воды прекратится при

температуре T . УМК для пара:

$$P_{\text{п}} V = 12\gamma R T, \text{ где } P_{\text{п}} - \text{давл. пара в этот момент}$$

$P_{\text{п}}$ будет равно давлению насыщен пара

в момент до этого. $\textcircled{1} \textcircled{3}$

$$\frac{P_{\text{по}}}{P_{\text{п}}} = \frac{t_0}{12T} \Rightarrow P_{\text{п}} = \frac{12T \cdot P_{\text{по}}}{t_0} = \frac{12 \cdot 3,5}{300} T = \frac{7}{50} T = 0,14T$$

$$\frac{P_{\text{по}}}{P_{\text{п}}} = \frac{t_0}{12T} \Rightarrow P_{\text{п}} = \frac{12T \cdot P_{\text{по}}}{t_0} = \frac{12 \cdot 3,5}{300} T = \frac{7}{50} T = 0,14T$$

Найдем пересечение графиков $P_{\text{нас}}(T)$ и $P_{\text{п}}(T)$



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!

Буду делать это по графику.

$$P_n(27^\circ\text{C}) = 0,14 \cdot 300 = 42 \text{ кПа}$$

$$P_n(37^\circ\text{C}) = 0,14 \cdot 310 = 43,4 \text{ кПа}$$

$$P_n(67^\circ\text{C}) = 0,14 \cdot 340 = 47,6 \text{ кПа}$$

$$P_n(77^\circ\text{C}) = 0,14 \cdot 350 = 49 \text{ кПа}$$

Построим прямую $P_n(T)$ на графике, точка пересечения: $T = 81^\circ\text{C} = 354 \text{ K} = T_1$

$$P_n = P_{n1} = 50 \text{ кПа}$$

Испарение воды прекратится при температуре $T_1 = 81^\circ\text{C}$

$$\varphi = \frac{P_{\text{ПК}}}{P_{\text{ПК1}}} = \frac{51,8}{90} = \frac{259}{450}$$

$$\varphi = \frac{P_{\text{ПК}}}{P_{\text{ПК1}}} \cdot 100\% = \frac{51,8}{90} \cdot 100\% = \frac{259}{450} \cdot 100\%$$

Ответ: 1) 12
2) 81°C

$$3) \frac{259}{450} \cdot 100\%$$



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!

У динопа будет достаточно кинетической энергии, чтобы вылететь от диска. И т.к. шарик и магнитный полюс одноименно, то притягивающей по знаку заряд.

Итак, диполь пролетит диск, если вылетит. На конце полюс магнита в центре диска он имеет скорость равную нулю или большую нуля.

В силу симметрии потенциал создаваемый концами стержня на расстоянии h от центра будет одинаков. Если концы стержня на расстоянии h от центра по оси. Обозначим потенциал за $\varphi(h)$. Знаем, когда центр диполя будет в центре диска, его потенциал равен нулю. Энергия будет равна нулю:

$$E_n = \varphi(h)(+q) + \varphi(h)(-q) = \varphi(h)q - \varphi(h)q = 0$$

В данном случае $h = \frac{L}{2}$

Если диполь действует только потенциалом, значит его энергия сохранится. Потенциал механическая.

В начале потенциал энергии $E_{n0} = 0$, т.к. диполь все еще далеко. $E_{n0} = 0$, $E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2}$
 $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv}{2} \Rightarrow v = v_0$, где v - скорость диполя когда он в центре вт. 0.

Вернусь к вопросу 7:

Рассмотрим диполь с зарядом q и $-q$ и минимальной энергией. Потенциал диска от расстояния h (длина диполя) φ_2 , тогда его потенциал



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!

Энергия, когда точечный заряд в центре O .
 $E_{n2} = \varphi_0 q - \varphi_2 q$ ЗСД ЗСД: $\frac{mv_0^2}{2} = \varphi_0 q - \varphi_2 q$.

Вернёмся к диполь с зарядами $\frac{q}{2}$ и $-\frac{q}{2}$. Его потенциалы в этом же

положении: $F_{n3} = \varphi_0 \frac{q}{2} - \varphi_2 \frac{q}{2} = \frac{E_{n2}}{2} = \frac{mv_0^2}{4}$

ЗСД: $\frac{mv_0^2}{2} = F_{n3} + \frac{mu_1^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4} + \frac{mu_1^2}{2}$

$\frac{v_0^2}{4} = \frac{u_1^2}{2} \Rightarrow u_1 = \frac{v_0}{2} \Rightarrow u_1 = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$, где u_1 скор.

диполя в этот момент. Это будет миним. скор. т.к. E_n максим. максим. скор. будет, когда центр диполя будет в центре груза:

$u_{\max} = v_0$
 Разность макс и мин скорости: $u_{\max} - u_1 = v_0 - \frac{v_0}{\sqrt{2}}$

Ответ: 1) v_0 ; 2) $v_0 - \frac{v_0}{\sqrt{2}}$

Доказательство утверждения (б):
 $\varphi_5(-q) + \varphi_0 q$

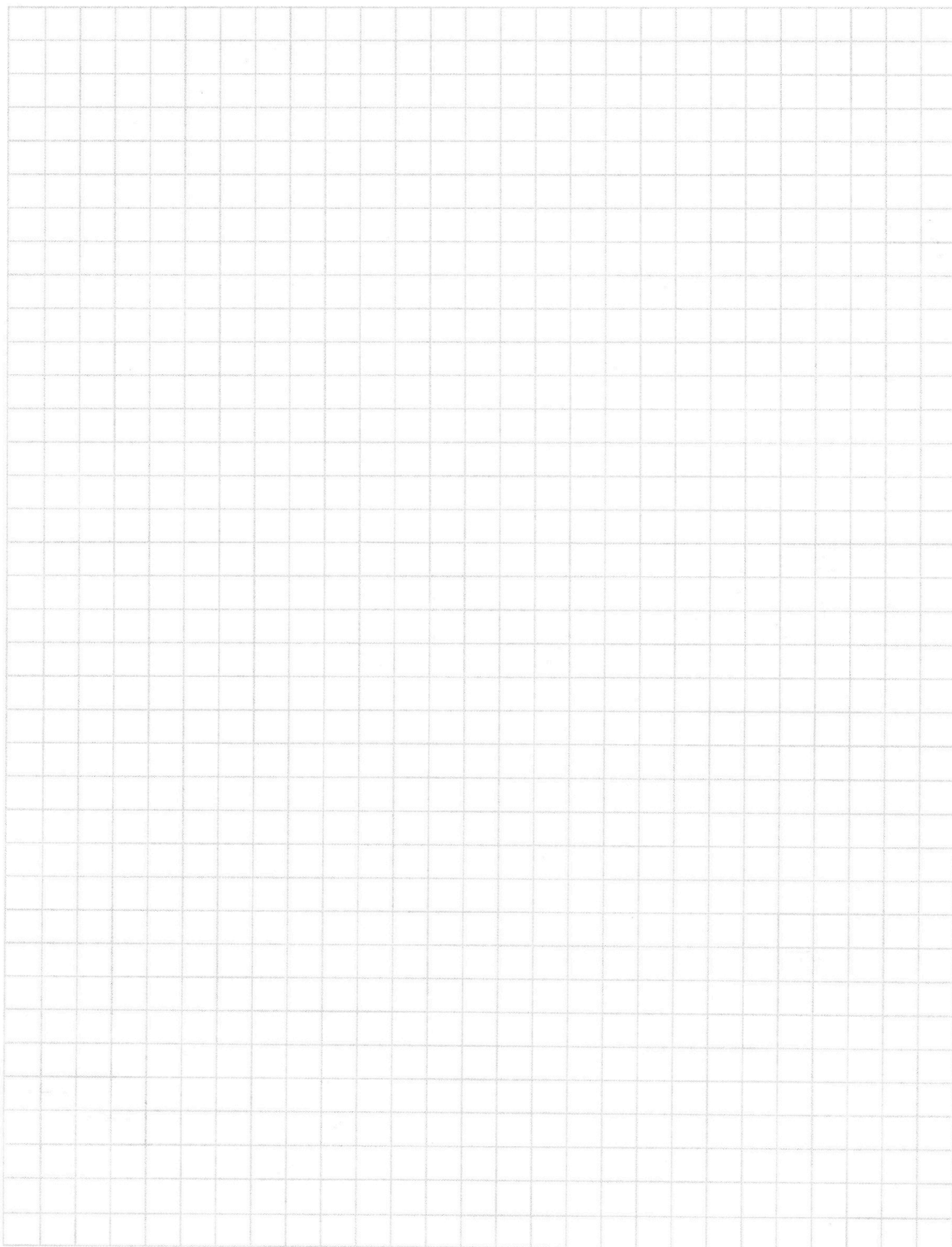


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





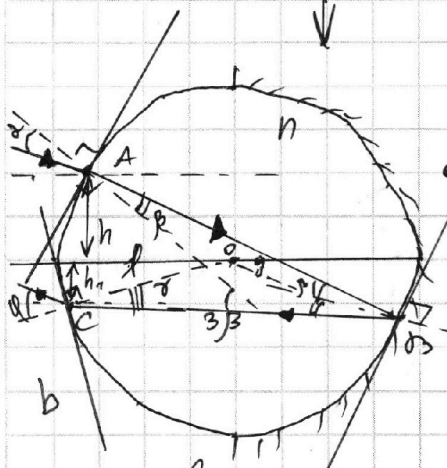
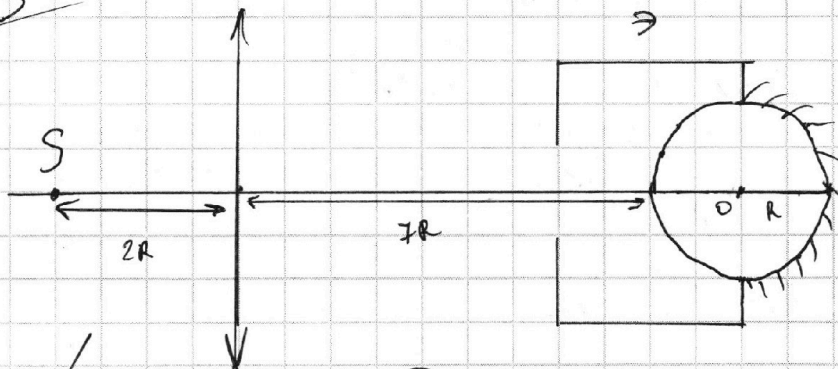
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

УБ



Рассмотрим один из лучей.
Пусть луч преломлен шаром.

По закону Снеллиуса:

$$\sin \alpha = n \sin \beta \Rightarrow \alpha = n \beta$$

α - угол пад., β - угол преломл.

т.к. ℓ - перпендикуляр
к кават окружности
 b, g - перпендикуляр к кас. q ,

то ℓ и q проходят через центр шара
 $\Rightarrow \alpha = \beta$. В точке В из центра шара
проходит в точку $O\beta$

$\alpha n = \beta \Rightarrow \alpha = \beta n = \alpha$. Выходит, что
луч выходит из шара под тем же
углом, с которым вошел (α).
Но этот угол - угол между нормалью
к поверхности шара в точке падения
и лучом. Но эти нормали
образуют с собой одинаковый угол
поэтому луч входящий и выходящий
параллельны.

Формула тонкой линзы для
ходящих к лучей: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$.



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.



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!

F - фокусное расстояние линзы,
 f - расстояние от линзы до изобр.
 $f \neq 2R$.

В силу малости углов, можно утверждать, что расстояние xi от места падения до центра O равно R . И от места выхода до центра $O = R$.

Луч влетел на расстоянии h от оси. По геометрии угла между осью и входным лучом: $\tan \alpha = \frac{h}{R}$.

Если независимо от показателя преломления изобразить в точке S , то f - неизменно, угол α' - неизменен для каждого луча. Значит, расстояние h от оси (под которым выйдут лучи) неизменно.

Угол $\theta = \alpha + \alpha'$: $\tan \theta = \frac{h}{R}$.



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
☐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!

$$m\alpha = kx$$

$$\alpha = \frac{k}{m}x = 0,1 \frac{1}{m}$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{k}{m} \times 1$$

$$x_1 = \frac{1}{k}$$

$$\sin(\arccos \frac{\sqrt{3}}{2}) = \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 14 \\ \hline 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 74 \\ \hline 148 \end{array}$$

$$\frac{12 \cdot 37 \cdot 3,5}{30} = \frac{2 \cdot 37 \cdot 3,5}{5} = 2 \cdot 37 \cdot 0,7 =$$

=

$$\frac{12 \cdot 3,5}{300} = \frac{3 \cdot 3,5}{45} =$$

$$= \frac{3,5}{25} = \frac{35}{250} = \frac{7}{50}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 37 \\ \hline 259 \\ \hline 259 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 3 \\ \hline 42 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 243 \\ 67 \\ \hline 340 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 518 \\ \times 900 \\ \hline 466200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 3,1 \\ \hline 42 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 34 \\ 1,4 \\ \hline 47,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 1,4 \\ \hline 490 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 518 \\ \times 900 \\ \hline 466200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \\ \times 2500 \\ \hline 2500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 273 \\ 87 \\ \hline 354 \end{array}$$

