



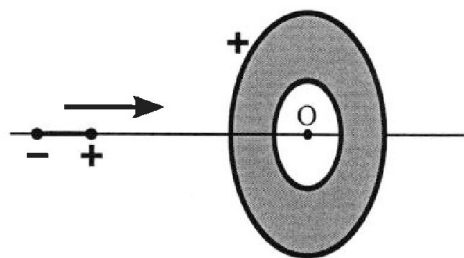
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

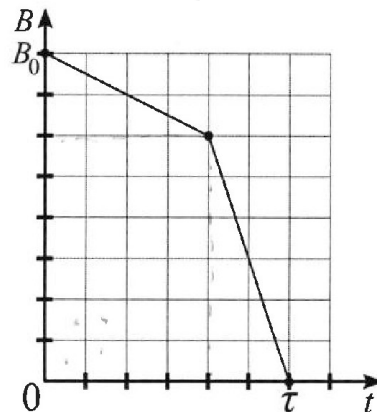
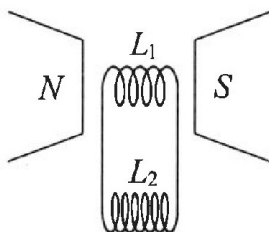


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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



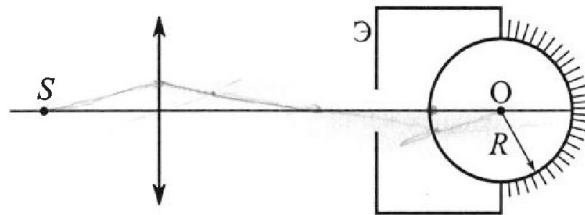
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



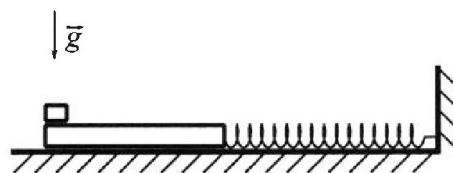
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

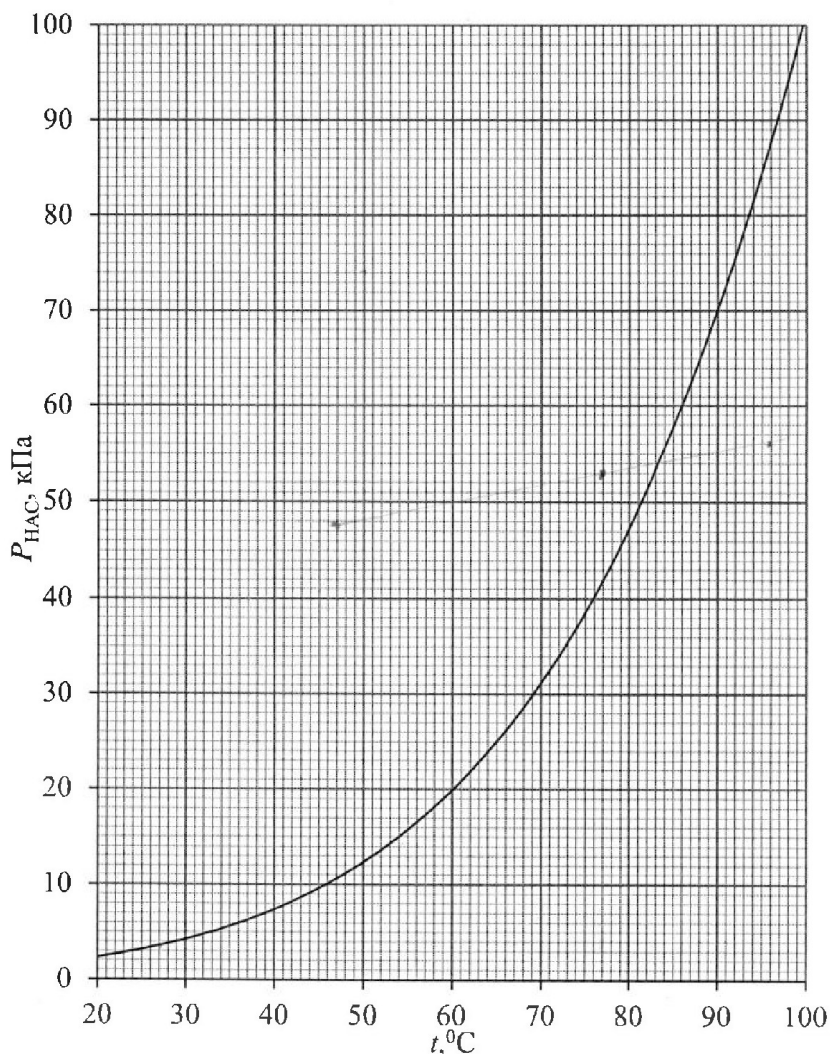


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре  $t_0 = 27$  °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  $\phi$  в конце нагревания.

Объём 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.

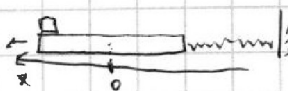
1 2 3 4 5 6 7

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

W1



$F_{y0} = kL$ , тогда после начала движения, она будет  $F_y = k(L-x)$   
 (если станет  $< 0$ , то будет уже против  $ox$ )

II 3-й закон Ньютона:  $F_{y\text{пруж}} = m \cdot a$ , т.к. есть проскальзывание,  
 $F_{\text{тр}} = N \cdot \mu = \mu mg$ ,  $a = \mu g$

Если  $v_{x\text{голки}} > v_{x\text{пруж}}$ ,  $F_{\text{тр}x} > 0$  для пружины  $v_{x\text{пруж}} = \mu g t$ , а для голки  $F_{\text{тр}x} < 0$   
 голка:  $M \ddot{x} = -k(L-x) - \mu mg$  - колебания со смещением началом

$x = A \cos(\omega t + \varphi)$ , где  $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$  замена  $b = x - L + \frac{\mu mg}{k}$   
 $M \ddot{b} = -bk$   $b = b_0 \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t)$   $b(0) = b_0 = \frac{\mu mg}{k} - L$   
 $x = -\frac{\mu mg}{k} + L + (\frac{\mu mg}{k} - L) \cdot \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t)$

$v_{x\text{голки}} = \omega \cdot (\frac{\mu mg}{k} - L) \cdot \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t) = \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot (\frac{\mu mg}{k} - L) \cdot \sin(\sqrt{\frac{k}{M}} t)$

Когда  $v_{x\text{голки}} \leq v_{x\text{пруж}}$   $F_{\text{тр}x} < 0$   $v_{x\text{пруж}} = \mu g t_0 - \mu g(t - t_0)$ , а для голки  $F_{\text{тр}x} > 0$   
 $t_0$  - момент равных скоростей.

$M \ddot{x} = k(L-x) + \mu mg$   $x = \frac{\mu mg}{k} + L - (\frac{\mu mg}{k} + L) \cdot \cos(\sqrt{\frac{k}{M}} t)$

Ускорение, когда  $v_{x\text{голки}} = v_{x\text{пруж}}$   $\ddot{x} = 0$  тогда (воспр. верными ур-нения)  
 $0 = k(L-x) - \mu mg$   $x = \frac{kL - \mu mg}{k} = L - \frac{\mu mg}{k}$

$L - \frac{\mu mg}{k} = L - \frac{\mu mg}{k} + (\frac{\mu mg}{k} + L) \cdot \cos(\omega t)$ , тогда  $\omega t = \frac{\pi}{2}$   $t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$

$v(\frac{T}{4}) = \mu g t = \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot (\frac{\mu mg}{k} - L) = \mu g \cdot \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$

$\frac{k}{M} (\frac{\mu mg}{k} - L) = \mu g \frac{\pi}{2}$   $L = -\frac{\mu g \frac{\pi}{2}}{\frac{k}{M}} + \frac{\frac{k}{M} \mu mg}{\frac{k}{M}}$

$= \frac{\mu g M}{k} \cdot (\frac{m}{M} - \frac{\pi}{2})$

$a = \frac{kL - \mu mg}{M} = -\frac{\mu mg}{M} + \mu g (\frac{m}{M} - \frac{\pi}{2})$

$M \cdot \mu g = k(L-x) - \mu mg$   $x = \frac{-(M+m)\mu g + kL}{k}$ , где  $L$  см. ниже

Ответ:  $L = \frac{\mu g M}{k} (\frac{m}{M} - \frac{\pi}{2})$ ,  $a = -\frac{\mu mg}{M} + \mu g (\frac{m}{M} - \frac{\pi}{2})$



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  
4 ИЗ 4

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)

в2.

м - пар в парке, по условию все вода (11 м) может испариться к концу, тогда  $12 \text{ м} \cdot \frac{12 \text{ м}}{\text{м}} = 12$

$$P(T) \cdot V = 2RT$$

$$P(T_0) \cdot V = T_0 \cdot 2R$$

$$T_0 = 300 \text{ K} \quad P(T_0) = 3,8 \text{ кПа}$$

Найдем момент, когда все вода исп., но пар еще насыщенно:

$$12 \cdot 2RT^* = P(T^*) \cdot V$$

$$\frac{T^*}{T} \cdot 12 = \frac{P(T^*)}{P(T)}$$

$$P(T^*) = T^* \cdot \frac{P(T)}{T}$$

на  $P(T)$  для макс. пара, т.к. иск. точка дается принуд. отклон, как пересек. с ч. найдем

$$P(T^*) = T^* \cdot 0,152$$

тогда при  $T^* = 43^\circ \text{C}$   $P(T^*) = 13,84 \text{ кПа}$

$$T^* = 77^\circ \text{C} \quad P(T^*) = 53,2 \text{ кПа}; \quad T^* = 94^\circ \text{C} \quad P(T^*) = 56,24 \text{ кПа}$$

Прямая и график из условий пересек., при  $T^* = 83^\circ \text{C}$  - иск темп.

$$P(T^*) = 54 \text{ кПа}$$

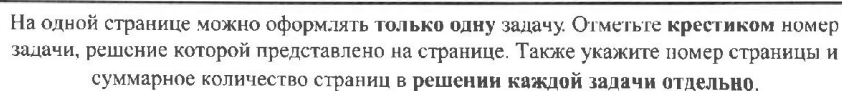
$$12 \cdot 2RT = P(T) \cdot V$$

$$P(T) = 91 \text{ кПа}$$

$$P' = \frac{T}{T^*} \cdot P(T^*) = \frac{370}{356} \cdot 54 \text{ кПа}$$

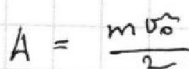
$$\eta = \frac{P'}{P(T)} = \frac{\frac{370}{356} \cdot 54}{91} = \frac{370 \cdot 54}{356 \cdot 91}$$

Ответ: 1) 12 2)  $T^* = 83^\circ \text{C}$  3)  $\eta = \frac{370 \cdot 54}{356 \cdot 91}$



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!



Потенциалы уменьшились в 2 раза, работа эл. поля тоже  
 уменьшилась в 2 раза  $\Rightarrow \frac{A}{2}$  - будет потрачено на ~~аппарат~~ заряд, далее, т.к. поле равно ускор. электр., то будет ~~на~~ начальной энергии, т.к. " " будет приращение кинетической, тем " зарядов, тогда ~~тогда~~  $\frac{A}{2} = \frac{mv_{\min}^2}{2}$   $v_{\min} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$   $v_{\max} = v_0$ , т.к. оба заряда прошли одинак. раз.

В момент, когда центр внутри диска:

Энергия  $A = 2\Delta A$  (м.к. однообразно направлено на  $4^{\text{th}}$  симметрии).  
 $\frac{A}{2}$  - когда лежит ~~на~~  $\frac{d}{2}$  симметрии  $\sigma^+$ , но  $-$   $\sigma^-$   $\sigma^+$

have  $\Delta A$ .  
 $A - 2\Delta A = \frac{A}{2} + \Delta A = A'$   
 Let  $A' \leftarrow \text{repl. } T_1$  or  $T_2$  part  
 so ymenom.:  $A - 2\Delta A = -\Delta A + A'$

Все кольца:



$$E = k \frac{2\pi R \lambda}{z^2 + R^2} \cdot \frac{R}{\sqrt{z^2 + R^2}}$$

$$\int E = k \frac{2\pi R \lambda}{\sqrt{z^2 + R^2}}$$

$$E \sim \frac{1}{z^3}$$

Antwort:  $\sigma_{\min} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2}}$ ;  $\sigma_{\max} = \sigma_0$ ,  $\sigma_y =$



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

✓4.

$$\dot{\Phi} = \dot{I} L$$

$$\dot{\Phi} = n S_1 \cdot \dot{B}$$

у обеих катушек одинаковый ток  $\Rightarrow I$  - ток одинак. иначе  
напряжение на их концах тоже.  $I$  - ток через  $L_2$

$$U_2 = I \cdot 6L$$

$$U_2 = |E_{ind}| = \dot{I} L \quad n S_1 \cdot \dot{B} = 7L \cdot \dot{I}$$

$$I(t) = \left| \frac{n S_1}{7L} \cdot \dot{B} dt \right|$$

Найдем гр-у графика

$$B(t) = \begin{cases} B_0 - \frac{t}{4\tau} \cdot B_0, & \text{где } t \leq \frac{2\tau}{3} \\ B_0 \cdot \frac{8}{9} - \frac{3t}{2} B_0, & \text{где } t \geq \frac{2\tau}{3} \end{cases}$$

$$I(t) = \frac{n S_1}{7L} \cdot B_0 = I_0$$

$$Q(t) = \int I(t) dt = \frac{n S_1}{7L} \cdot \int B(t) dt = \frac{n S_1}{7L} \cdot \frac{B_0 \tau}{6 \cdot 8} \cdot 34$$

↑ по графику

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{n S_1 B_0}{7L}; \quad Q = \frac{n S_1}{7L} \cdot \frac{34}{48} \cdot B_0 \tau$$



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!

Формула линз:  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$

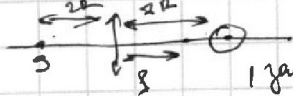
Формула преломления на сферической пов.:  $\frac{1}{d} + \frac{n}{f} = \frac{n-1}{R}$

Формула сфер. зеркала:  $\frac{1}{d} + \frac{f}{f} = \frac{2}{R}$

$$d\alpha = \int R = f \left( \frac{n-1}{R} - \frac{n}{R} \right)$$

Чтобы не зависеть от  $n$  все  $n$  по той же траектории, чтобы от  $n$   $f$  и  $R$  были такими же, как при  $n=1$ .  
 центр. преломл. на сфер. пов. должно стоять все и центрирован  $\Rightarrow$  его полость не изм. в зеркале  $\Rightarrow$  оно в центре шара.  $\frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{2R} + \frac{1}{f} &= \frac{1}{F} \\ \frac{1}{2R-f} + \frac{n}{R} &= \frac{n-1}{R} \end{aligned} \right.$$

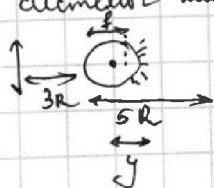


Заметим, что  $n$  в этом гр-е нullo не зависит именно в таком случае)

$$\frac{1}{2R-f} = -\frac{1}{R} \quad f-2R = R \quad f = 3R$$

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} = \frac{1}{F} \quad \frac{5}{6R} = \frac{1}{F} \quad F = \frac{6}{5}R$$

Поскольку  $n$  переверн. шара  $S'$  от линз должно стоять центр. системы шар-зеркало.



$$-\frac{1}{5R} + \frac{n}{f} = \frac{n-1}{R} \quad \frac{1}{2R-f} + \frac{1}{y} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{2R-y} + \frac{n}{5R} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{n}{f} = \frac{n}{R} - \frac{4}{5R} \quad f = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{4}{5nR}} = \frac{5nR}{5n-4}$$

$$\frac{1}{2R-y} = \frac{n}{5R} - \frac{n}{R} + \frac{1}{R} = -\frac{4n}{5R} + \frac{1}{R} = \frac{-4n+5}{5R}$$

$$2R-y = \frac{5R}{5-4n}$$

$$\frac{1}{2R - \frac{5R}{5-4n}} + \frac{n}{5R} = \frac{2}{R} \quad \frac{5n-4}{10n-8-5n} + \frac{5-4n}{10-8n-5} = 2$$

$$\frac{5n-4}{5n-8} + \frac{5-4n}{5-8n} = 2$$

$$\frac{5n-4-4}{5n-8} + \frac{5-4n-4n}{5-8n} = 2 \quad \frac{5n-8}{5n-8} - \frac{8n-5}{8n-5} = 2$$

$$5n-8-4n+4 = 2(5n-8-8n+5) \quad 5n^2-16n+5=0$$

$$n = \frac{16 \pm \sqrt{156}}{10}$$

Ответ:  $F = \frac{6}{5}R$ ;  $h = 1,6 \pm \frac{\sqrt{156}}{10}$



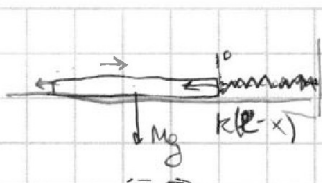


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$M\ddot{x} = k(l-x) - F_{\text{тяг}}$$

$$ma = F_{\text{тяг}}$$

$$a = \mu g$$

$$M\ddot{x} = -kx + kl - \mu mg$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k(l-x) = \mu mg$$

$$x = \frac{kl - \mu gm}{k}$$

$$t_0 = 27^\circ\text{C}$$

$$b \text{ не влезает } m \quad 12 \text{ м} \quad 12$$

$$\frac{m}{\mu} R T_0 = P(T_0) \cdot V$$

$$3,7 \text{ кПа} = P(T_0)$$

$$\mu R T_0 = P_1 \cdot V$$

$$\frac{12 \text{ м}}{\mu} R T = P(T) \cdot V$$

$$12 \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{P(T)}{P(T_0)}$$

$$P(T) = \frac{12 P(T_0)}{T_0} \cdot T$$

$$= \frac{3,8 \cdot 12}{300}$$

$$= \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 48}{3 \cdot 100}$$

$$= \frac{14,8}{100}$$

$$= 0,148 \text{ Т}$$

$$= 0,148 (273 + t)$$

Если бы можно было использовать...

$$\frac{12 \cdot 3,7}{300}$$

$$\frac{9 \cdot 148}{1000}$$

3000 ?

$$\text{замена } M\ddot{x} = -k \cdot (x + l - \frac{\mu mg}{k})$$

$$x + l - \frac{\mu mg}{k} = l \cdot \cos(\omega t)$$

$$l - \frac{\mu mg}{k} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$v = \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$2(l - \frac{\mu mg}{k}) = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$= \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{2 \cdot \sqrt{k}}$$



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  
☐

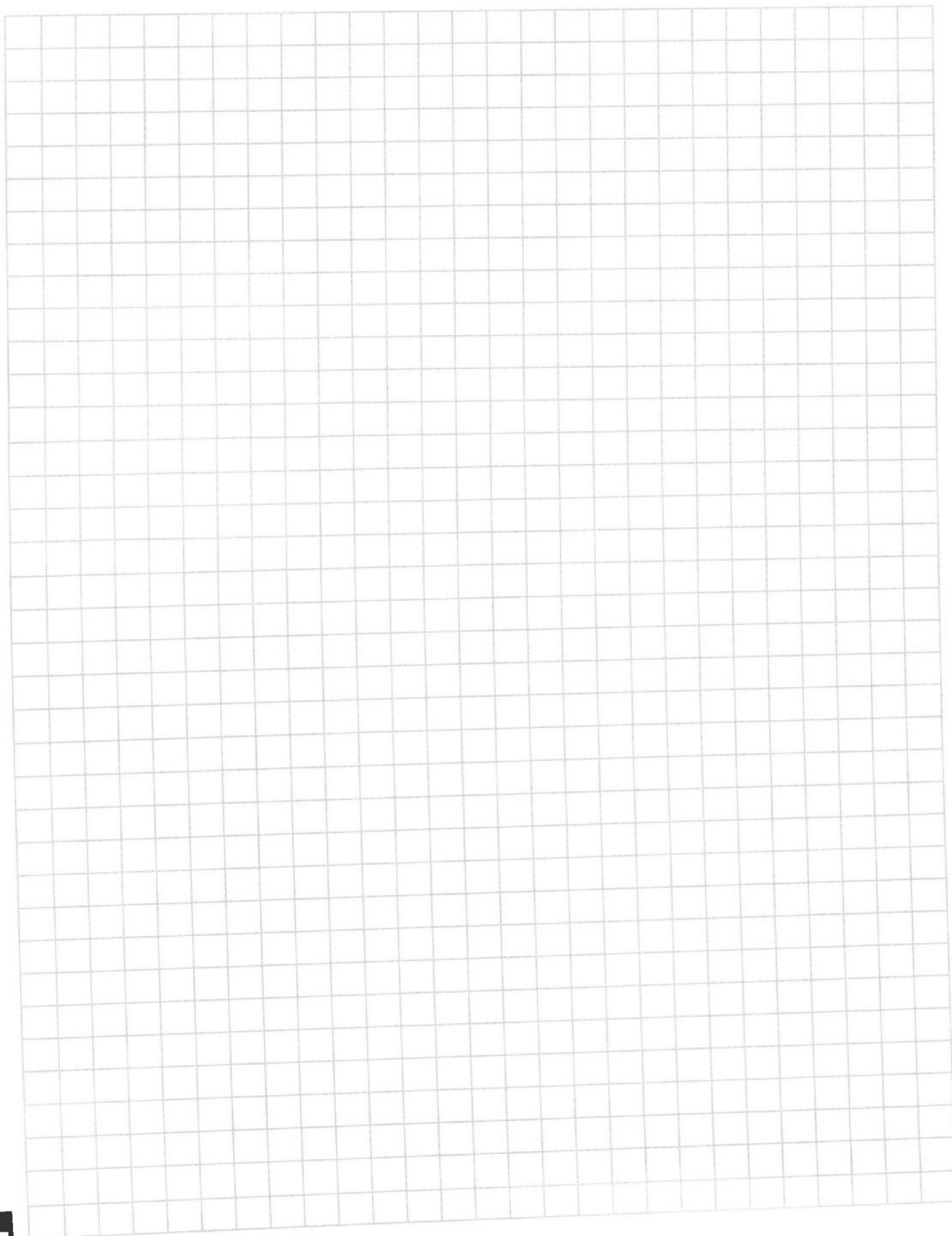
5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!



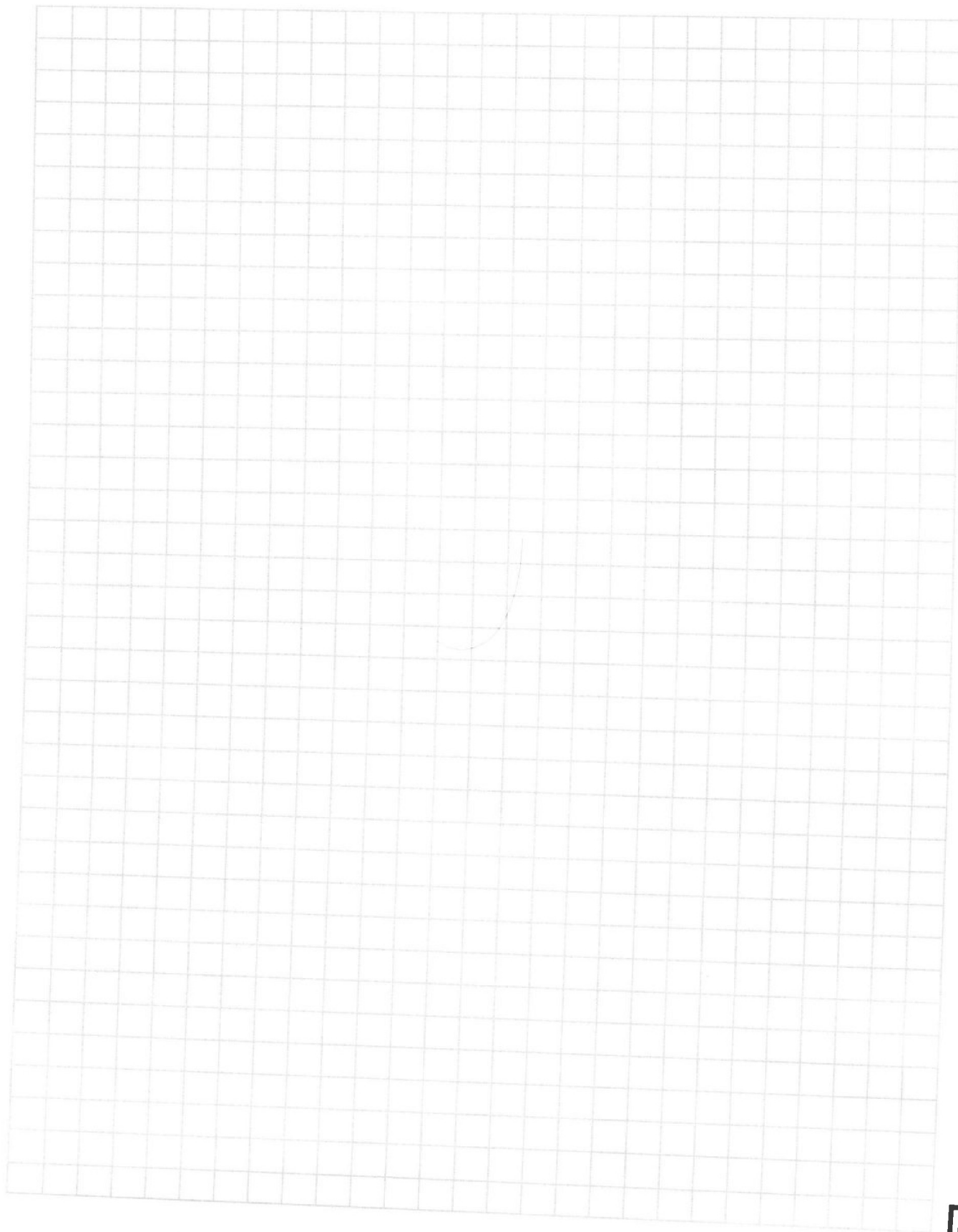


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <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!

