



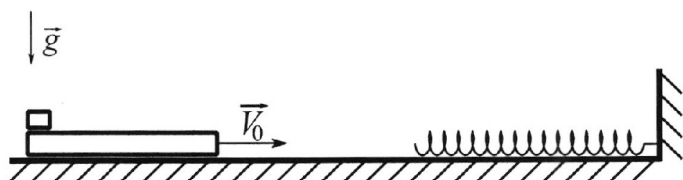
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

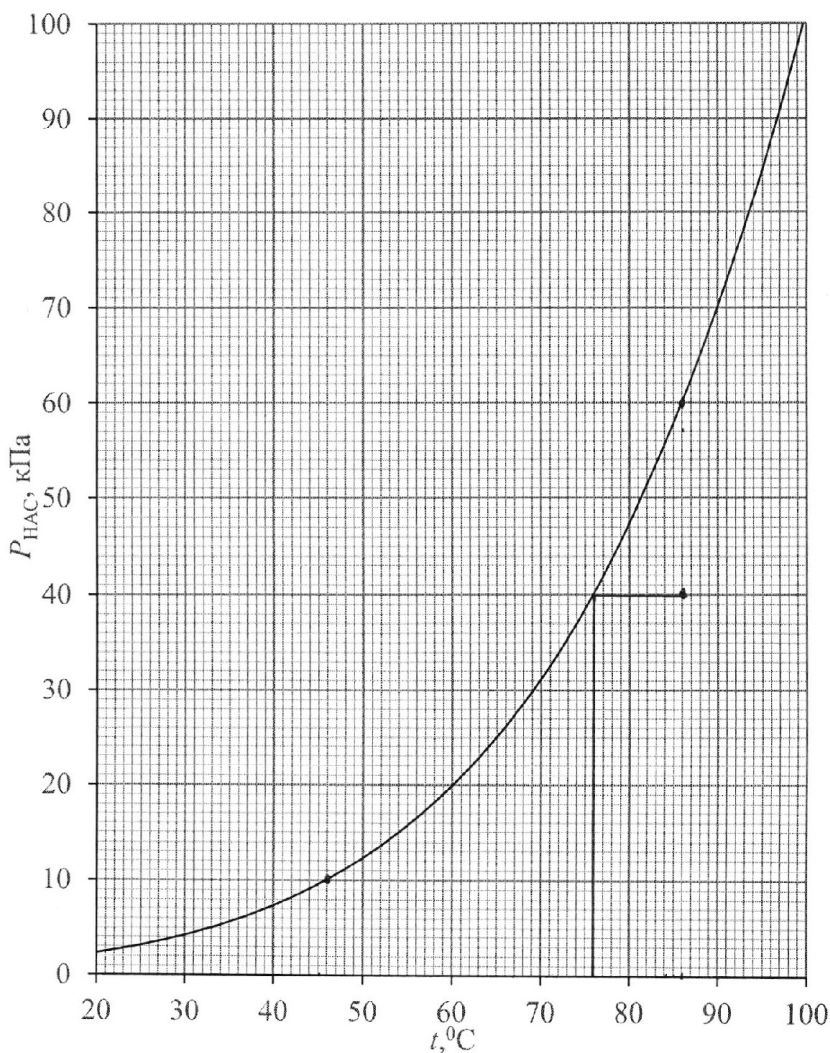


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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





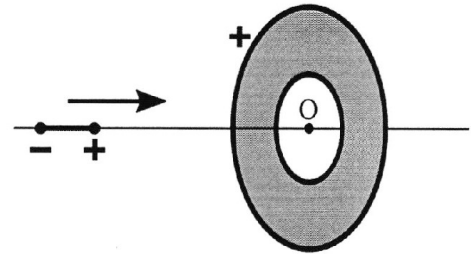
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



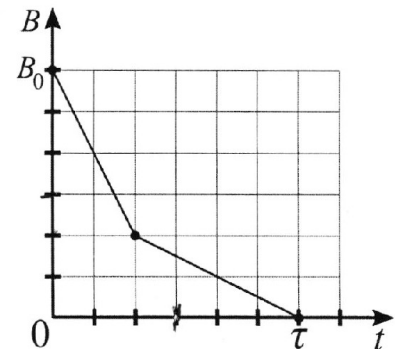
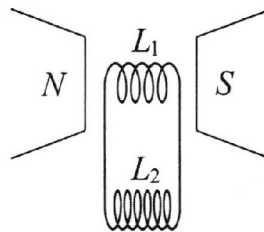
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполь сообщают начальную скорость $2V_0$.



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

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

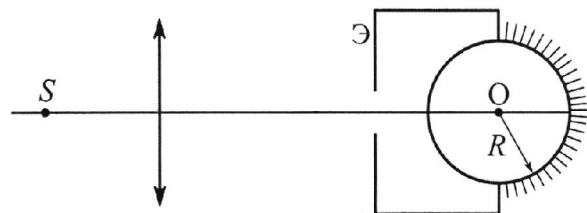
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света о т 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
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!

$$\mu(M+m)a = Kx \quad ; \quad a = \mu g.$$

$$\frac{(M+m)\mu g}{K} = x_{\text{огн}} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3}{27} = \frac{9}{27} = \frac{1}{3} \text{ м.}$$

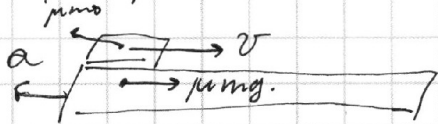
$$\sin \omega t = \frac{\mu g}{v_0 \omega} = \frac{0,3 \cdot 10}{2} \cdot \frac{\mu g}{v_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{\frac{1+2}{27}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$$

$$\sin \omega t = \frac{1}{2} \quad ; \quad \omega t = \frac{\pi}{6} \quad ; \quad t_{\text{огн.г.}} = \frac{\pi}{6\omega}$$

$$t_{\text{огн.г.}} = \frac{\pi}{6} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}} = \frac{\pi}{6} \cdot \sqrt{\frac{2+1}{27}} = \frac{\pi}{6} \cdot \frac{1}{3} \approx \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \text{ с}$$

При этом в это же время брусок сваливается



верхний брусок скользит вперед по доске. К доске приложена постоянная сила μmg .

$$Ma = \mu mg - Kx$$

а маленького $= \mu mg$ в момент нач. скольжения:

$$Ma = \mu mg - \mu mg \cdot (M+m) = -\mu g M; \quad a = \mu g.$$

Ускорения ② и ③ одинаковы. Далее ускорение доски будет только увеличиваться. Мы считаем, что брусок не падает:

$$M\ddot{x} = \mu mg - Kx \quad ; \quad \mu mg = Kx_0$$

$$M\ddot{x} = Kx_0 - Kx = -K(x - x_0) \quad ; \quad z = x - x_0 \quad ; \quad \ddot{z} = \ddot{x}$$

$$M\ddot{z} = -Kz \quad ; \quad \ddot{z} = -\frac{K}{M}z \quad ; \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$z(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad ; \quad x(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t + x_0$$



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.



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!

$$X(0) = X_{\text{орн}} = \frac{1}{3} M = B \cos \omega t + \frac{\mu m g}{K}$$

$$\frac{1}{3} = B + \frac{1}{9} ; B = \frac{1}{3} - \frac{1}{9} = \frac{3}{9} - \frac{1}{9} = \frac{2}{9}$$

$V(0)$ не можем найти из 3. с. 2:

$$\frac{M+m}{2} V_0^2 = \frac{K \cdot X_{\text{орн}}^2}{2} + \frac{M+m}{2} V(0)^2$$

$$3 \cdot 2^2 = 27 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 + 3 \cdot V(0)^2$$

$$12 - 3 = 3 \cdot V(0)^2 ; 9 = 3 V(0)^2 ; V(0) = \sqrt{3}$$

$$V(0) = \sqrt{3} = A \cdot \omega \cdot \cos \omega t = A \cdot \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$A = \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} = \sqrt{\frac{3 \cdot M}{K}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 2}{27}} = \sqrt{\frac{2}{9}} = \frac{\sqrt{2}}{3}$$

$$X(t) = \frac{\sqrt{2}}{3} \sin \omega t + B \frac{2}{9} \cos \omega t + X_0$$

$$X(t)' = \frac{\sqrt{2}}{3} \omega \cdot \cos \omega t - \frac{2}{9} \omega \cdot \sin \omega t = 0$$

$$\frac{\sqrt{2}}{3} \cos \omega t = \frac{2}{9} \cdot \sin \omega t ; \tan \omega t = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{9}{2} = \frac{3\sqrt{2}}{2}$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} ; 1 + \frac{9 \cdot 8}{2 \cdot 4} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \cos^2 \alpha = \frac{2}{11}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{9}{11}$$

$$X_{\text{max}} a(t) = -\frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \omega^2 \sin \omega t - \frac{2}{9} \omega^2 \cdot \cos \omega t =$$

$$= -\frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{K}{M} \cdot \sqrt{\frac{9}{11}} - \frac{2}{9} \cdot \frac{K}{M} \cdot \sqrt{\frac{2}{11}} = -\frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{27}{2} \cdot \frac{3}{\sqrt{11}} -$$

$$- \frac{8}{9} \cdot \frac{27}{8} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{11}} = -\sqrt{\frac{2}{11}} \left(\frac{27}{2} + 3 \right) = -\sqrt{\frac{2}{11}} \cdot \frac{33}{2} =$$

$$= -\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 \cdot \sqrt{11} = -\frac{3}{2} \sqrt{22} \text{ м/с}^2$$

Ответ: $\frac{1}{3} \text{ м} ; \frac{1}{6} \text{ с} ; \frac{3}{2} \sqrt{22} \text{ м/с}^2$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$k = 27 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

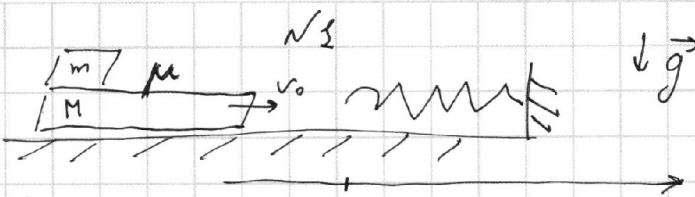
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\pi \approx 3$$

1) x отн. g макс.?

2) t отн. g макс.?

3) a g макс.?



Условие начала относительного
движения бруска отн. доски:

$$ma = mg\mu$$

$a = \mu g$ - критическое ускорение
системы.

До этого момента система движется
как одно целое. Начинаются
колебания.

$$(M+m)a = kx$$

$$(M+m)\ddot{x} = -kx$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{M+m}x; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

→ ЧР. колебаний.

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

$$x(0) = 0; \quad x(0) = B \cdot \cos 0 = 0$$

$$x(t) = A \cdot \sin \omega t; \quad v(t) = A\omega \cdot \cos \omega t$$

$$v(0) = v_0 = A\omega; \quad A = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$x(t) = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \sin \omega t = \frac{v_0}{\omega} \cdot \sin \omega t; \quad v(t) = v_0 \cos \omega t$$

$$a(t) = -v_0 \omega \cdot \sin \omega t = -2 \cdot \sqrt{\frac{27}{2+1}} \cdot \sin \omega t = -6 \sin \omega t$$

$$-\mu g = -v_0 \omega \cdot \sin \omega t; \quad \text{ускорение } \mu g \text{ против } 0x.$$

$$\sin \omega t = \frac{\mu g}{v_0 \omega} = \frac{\mu g}{v_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} \quad \text{подставим в } x(t)$$

$$x(t) = A \cdot \sin \omega t; \quad x_{\text{отн}} = A \cdot \frac{\mu g}{v_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} =$$

$$= v_0 \cdot \frac{\mu g}{v_0} \cdot \frac{M+m}{k} = \mu g \cdot \frac{M+m}{k} = 0,3 \cdot 10 \cdot \frac{2+1}{27} = \frac{1}{3} \text{ м}$$



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!

$$P_{\text{возг.к}} + P_n = P_0$$

$$P_{\text{возг.к}} \cdot \frac{V_0}{T_0} \cdot \frac{T_k}{V_k} + P_n = P_0$$

$$\frac{V_0}{V_k} = (P_0 - P_n) \cdot \frac{T_0}{T_k} \cdot \frac{1}{P_{\text{возг.к}}}$$

$$\frac{V_k}{V_0} = \frac{P_{\text{возг.к}}}{P_0 - P_n} \cdot \frac{T_k}{T_0} = \frac{110}{150 - 10} \cdot \frac{46 + 273}{86 + 273} =$$

$$= \frac{11}{14} \cdot \frac{319}{359} =$$

$$= \frac{3509}{5026}$$

$$\begin{array}{r} 2319 \\ 11 \\ + 319 \\ \hline 319 \\ 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 359 \\ 14 \\ \hline + 1436 \\ 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$

$$\frac{3509}{5026} \approx 0,7$$

Ответ: ~~0,7~~ $\frac{3509}{5026}$

$$\frac{3509}{5026} \approx 0,698$$

С округлением:

Ответ: 0,7

т.к. небольшой объем
воды конденсиро-
ваться можно считать,
что V_k чуть больше

Тогда $\frac{V_k}{V_0} \approx 0,7$



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!

Дано:

$$p_0 = 150 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 86^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = \frac{2}{3}$$

$$t = 46^\circ \text{C}$$

$$\boxed{\begin{matrix} p_0 \\ M \end{matrix}} \quad ; \quad p_0 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S} = \text{const}$$

Все процессы изобарные.

$$p_2 = p_H(86^\circ \text{C}) \cdot \varphi_0 =$$

$$= 80 \text{ кПа} \cdot \frac{2}{3} = \frac{60 \cdot 2}{3} \text{ кПа} = 40 \text{ кПа.}$$

1) $p_2(86^\circ) - ?$

2) $t^* - ?$ конденс.

3) $V/V_0 - ?$

До начала конденсации количество молекул воды в газе не меняется.

Конденсация начнется, когда $p_{\text{пар}}^*$ станет равно p_H :

$$p_{\text{пара}} = \frac{\nu R T}{V} ; \quad \nu R = \text{const}$$

$$p_{\text{возг}} = \frac{\nu' R T}{V} ; \quad \nu' R = \text{const}$$

$$p_{\text{возг}} + p_{\text{пара}} = p_0$$

где начальная сост: $p_{\text{возг}_0} = p_0 - p_{\text{пара}} = 150 - 40 = 110 \text{ кПа}$

$$\nu' = \frac{11}{4} \nu$$

$$\frac{p_{\text{возг}_0}}{p_{\text{пара}}} = \frac{\nu'}{\nu} = \frac{110}{40} = \frac{11}{4} ; \quad p_{\text{пара}} = \frac{4}{11} p_{\text{возг}_0} ; \quad \nu = \frac{4}{11} \nu'$$

$$p_{\text{пара}} + p_{\text{возг}} = p_0 ; \quad \frac{\nu R T}{V} + \frac{\nu' R T}{V} = p_0 ; \quad \frac{R T}{V} \cdot \left(\nu + \frac{11}{4} \nu \right) =$$

$$= \frac{R T}{V} \cdot \frac{15}{4} \nu = p_0 ; \quad p_H \cdot \frac{15}{4} = p_0 ; \quad p_H = \text{const}$$

Тогда проведем прямую от p_2 на графике. Она пересечет график p_H при $t = 76^\circ \text{C}$.

$\Rightarrow t^* = 76^\circ \text{C}$. далее начнется конденсация.

$$p_H(46^\circ \text{C}) = 17 \text{ кПа} \quad p_{\text{возг}_H} = \frac{\nu' R T_H}{V_H} ; \quad p_{\text{возг}_0} = \frac{\nu' R T_0}{V_0}$$

$$\nu' R = p_{\text{возг}_H} \cdot V_H / T_H = p_{\text{возг}_0} \cdot V_0 / T_0$$

$$p_{\text{возг}_H} = p_{\text{возг}_0} \cdot \frac{V_0}{V_H} \cdot \frac{T_H}{T_0}$$



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
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!

Тогда $v_{\max} - v_{\min} = v_0 (\sqrt{5} - \sqrt{3})$

Ответ: $2v_0$; $v_0 (\sqrt{5} - \sqrt{3})$.



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 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!

$$\Rightarrow \frac{\sin d_1}{\sin d_2} = \frac{\sin d_1'}{\sin d_2'}; \quad \sin d_1 = \frac{v_1}{\sqrt{v_1^2 + e^2}}$$

$$\sin d_1' = \frac{v_1}{\sqrt{v_1^2 + (e+se)^2}}$$

$$\frac{v_1 \sqrt{v_2^2 + e^2}}{\sqrt{v_1^2 + e^2} \cdot k_2} = \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{\sqrt{v_2^2 + (e+se)^2}}{\sqrt{v_1^2 + (e+se)^2}}$$

$$(v_2^2 + e^2)(v_1^2 + (e+se)^2) = (v_2^2 + (e+se)^2)(v_1^2 + e^2)$$

$$\cancel{v_2^2 v_1^2} + \cancel{v_2^2 L^2} + e^2 v_1^2 + \cancel{e^2 L^2} = \cancel{v_2^2 v_1^2} + v_2^2 e^2 + 4^2 v_1^2 + \cancel{L^2 e^2}$$

$$L^2 (v_2^2 - v_1^2) = e^2 (v_2^2 - v_1^2)$$

$$(L - e)(L + e) = 0$$

$$L = e - \text{ненз}$$

$$L = -e - \text{положение в центре.}$$

до положение в центре или суммарная d_{max} направлена в одну сторону.

2) Случ. критическое положение:

$$E_{k0} = E_n + E_{kk}; \quad \text{где } E_{kk} \rightarrow 0$$

$$\text{В некоторой точке } E_{n \max} = E_{k0} = \frac{m v_0^2}{2}$$

То же если запустить систему со скоростью.

$$2 v_0 : \text{З.С. 3: } \frac{m (2 v_0)^2}{2} = \underbrace{\frac{m v_0^2}{2}}_{E_{n \max}} + \frac{m v_x^2}{2}$$

$$4 v_0^2 = v_0^2 + v_x^2$$

$$v_x^2 = 3 v_0^2; \quad v_x = \sqrt{3} v_0 - v_{\min}$$

$$\text{А } v_{\max} \text{ при } E_n = 0 \Rightarrow 2 v_0^2 - E_{n \max} = -\frac{m v_0^2}{2}$$

Такая ситуация существует, т.к. система симметрична!

$$\begin{matrix} - & + & 0 \\ & E_{n \max} & \end{matrix} \quad \begin{matrix} 0 & - & + \\ & - E_{n \max} & \end{matrix}$$

З.С. 2:

$$\frac{m (2 v_0)^2}{2} = -\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_x^2}{2} \quad v_{\max} = \sqrt{5} v_0$$



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 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!

$$\cos \alpha_1 = \frac{r}{\sqrt{r^2 + r_1^2}} ; \cos \alpha_2 = \frac{r}{\sqrt{r^2 + r_2^2}}$$

$$V = (2\pi k q b) \left(\frac{\sqrt{r^2 + r_2^2} - \sqrt{r^2 + r_1^2}}{r} \right)$$

$$V_2 = b \left(\sqrt{r^2 + r_2^2} - \sqrt{r^2 + r_1^2} - \sqrt{(r+se)^2 + r_2^2} + \sqrt{(r+se)^2 + r_1^2} \right)$$

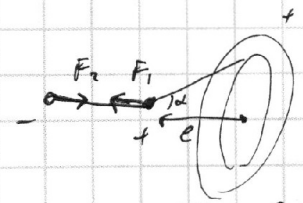
$$V_{2r} = b \left(\frac{1 \cdot 2r}{2\sqrt{r^2 + r_2^2}} - \frac{2r}{2\sqrt{r^2 + r_1^2}} - \frac{2(r+se)}{2\sqrt{(r+se)^2 + r_2^2}} + \frac{2(r+se)}{2\sqrt{(r+se)^2 + r_1^2}} \right) = 0$$

$$\frac{r}{\sqrt{r^2 + r_2^2}} = \frac{r+se}{\sqrt{(r+se)^2 + r_2^2}} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + r_1^2}} = \frac{r+se}{\sqrt{(r+se)^2 + r_1^2}}$$

3) при протекте через центр. $V_{21} = 0$, т.к. система симметрична, но справа и слева у разрезов разный знак;

З.С.Э $E_{k0} = V_{21} + E_{kk} ; \Rightarrow V_y = V_0 = 2V_0$

Найдем положение равновесия:



$$F_1 = F_2$$

$$dF = \frac{kq}{r^2} dQ ; dQ = b \cdot 2\pi r \cdot dr$$

$$dF = \frac{kq}{r^2} \cdot \cos \alpha \cdot b \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot \frac{dr}{\cos \alpha} =$$

$$= (2\pi k q b) \cdot \tan \alpha \cdot dr$$

$$F = a \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \tan \alpha \cdot d\alpha = a \left| \ln \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} \right| = a \int_{\sin \alpha_1}^{\sin \alpha_2} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{-\sin \alpha} =$$

$$= -a \int_{\sin \alpha_1}^{\sin \alpha_2} \frac{dy}{y} = -a \ln \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}$$



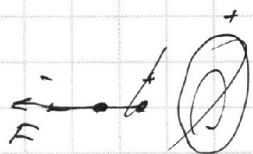
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

Дано:
 $v_{min} = v_0$
 $v_0 = 2v_0$
 $v_y - ?$
 $v_{max} - v_{min} - ?$



Кольца / дуга / пройдет / центр / диска.
Он / начнет / ускоряться / в / про-
тивоположную / сторону.

т.к. Фооталики (F+) больше Fминус.

Значит:

З. С. 2:

m

и $E_k = E_k' + E_n$; где $E_k' \rightarrow 0$; найдем E_{nmax} .

иначе $E_k' \rightarrow 0$; найдем E_{nmax} .

$$E_n = W; dW = \frac{kq \cdot dq}{r}$$

$$W = \frac{kqQ}{\sqrt{e^2 + n^2}} = \frac{kqQ}{e} \cdot \cos \alpha$$

где $q_{диск}$:

$$dW = \frac{kq}{e} \cdot \cos \alpha \cdot \sigma \cdot 2\pi r \cdot dr$$

$$\tan \alpha = \frac{n}{e}; n = \tan \alpha \cdot e; dr = e \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} d\alpha$$

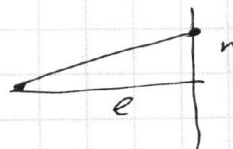
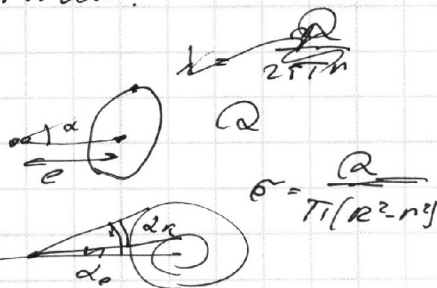
$$dW = \frac{kq}{e} \cdot \cos \alpha \cdot \sigma \cdot 2\pi \cdot \tan \alpha \cdot e \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} d\alpha$$

$$dW = kq \sigma \cdot 2\pi e \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{\cos \alpha}$$

$$dW = 2\pi kq \sigma e \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \cdot d\alpha = \left| \frac{\cos \alpha = y}{dy = -\sin \alpha \cdot d\alpha} \right| =$$

$$= a \cdot \frac{\frac{-\frac{1}{2} \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}}{-\sin \alpha} \cdot \frac{dy}{-y^2} = -a \cdot \frac{dy}{y^2}$$

$$W = \int_{\cos \alpha_1}^{\cos \alpha_2} -a \frac{dy}{y^2} = -a \cdot -\frac{1}{y} \Big|_{\cos \alpha_1}^{\cos \alpha_2} = a \left(\frac{1}{\cos \alpha_2} - \frac{1}{\cos \alpha_1} \right)$$



$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\cos \alpha \cdot n}{\cos^2 \alpha}$$



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!

Дано:

$$L_1 = L; L_2 = 4L$$

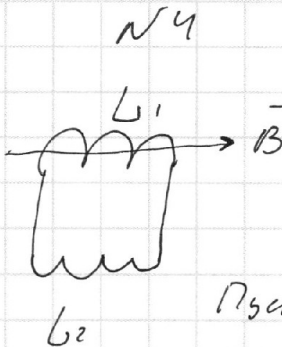
$$n, S_1, B_0, \tau$$

$$I_0 = 0$$

$B(t)$ - на графике

I_0 вообще -?

q_1 -? за τ



$$\mathcal{E}_{ind} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{n \cdot S_1 \cdot dB}{dt}$$

Поскольку $dB/dt = \beta$ - коэф. наклона на графике.

$$|\mathcal{E}_{ind}| = n \cdot S_1 \cdot \beta$$

Закон Кирхгофа:

$$\mathcal{E}_{ind} = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = \frac{dI}{dt} \cdot (L_1 + L_2)$$

$$\frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = n S_1 \cdot \frac{dB}{dt}$$

$$I_{намагниченность} = I_0$$

$$n I (L_1 + L_2) = n S_1 \cdot \beta; I_{наз} = 0; B_{наз} = B_0; B_{наз} = B_0$$

$$I_0 (L_1 + L_2) = n \cdot S_1 \cdot B_0; I_0 = \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0}{L_1 + L_2}$$

$$\dot{q} (L_1 + L_2) = n \cdot S_1 \cdot \beta; \text{ на первом участке}$$

$$\dot{q}_1 = \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \cdot \beta_1; \dot{q}_2 = \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \cdot \beta_2; \beta = \beta_1 \text{ на первом } \beta = \beta_2$$

$$\cancel{\frac{1}{2} \dot{q}^2 \cdot \tau^2}; \cancel{q_{наз} = \frac{1}{2} \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} (\beta_1 \tau^2 + \beta_2 \tau^2)}$$

$$\beta_1 = B_0 \cdot \frac{4}{6} / \tau \cdot \frac{2}{6} = \frac{4 B_0}{2 \tau} = 2 \frac{B_0}{\tau}; \tau_1 = \frac{1}{3} \tau$$

$$\beta_2 = B_0 \cdot \frac{2}{6} / \tau \cdot \frac{4}{6} = \frac{2 B_0}{4 \tau} = \frac{B_0}{2 \tau}; \tau_2 = \frac{2}{3} \tau$$

$$q_{наз} = \frac{1}{2} \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \left(2 \frac{B_0}{\tau} \cdot \frac{\tau^2}{3^2} + \frac{B_0}{2 \tau} \cdot \frac{4 \tau^2}{3^2} \right) = \frac{1}{2} \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \tau}{L_1 + L_2} \cdot \frac{2}{3^2} \cdot 2 = \frac{2}{9} \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \cdot \tau}{L_1 + L_2}$$

$$q_1 = \frac{n S_1}{L_1 + L_2} \cdot \frac{\dot{q}_1}{2} \cdot \tau_1^2; I_1 = \dot{q}_1 \cdot \tau_1$$

$$q_2 = \dot{q}_2 \tau_1 \cdot \tau_2 + \frac{1}{2} \dot{q}_2 \tau_2^2$$



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



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!

$$\begin{aligned} \mathcal{U}_{\text{полное}} &= \ddot{q}_1^2 \left(\frac{1}{2} \tilde{r}_1^2 + \tilde{r}_1 \tilde{r}_2 \right) + \ddot{q}_2^2 \frac{1}{2} \tilde{r}_2^2 = \\ &= \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \left(B_0 \left(\frac{1}{2} \tilde{r}_1^2 + \tilde{r}_1 \tilde{r}_2 \right) + B_0 \cdot \frac{1}{2} \tilde{r}_2^2 \right) = \\ &= \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \left(2 \frac{B_0}{\tilde{r}} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\tilde{r}^2}{9} + \frac{2}{9} \tilde{r}^2 \right) + \frac{B_0}{2\tilde{r}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{9} \tilde{r}^2 \right) \\ &= \frac{n \cdot S_1}{L_1 + L_2} \cdot B_0 \tilde{r} \left(\frac{1}{9} + \frac{4}{9} + \frac{1}{9} \right) = \frac{2}{3} \frac{n S_1 B_0 \tilde{r}}{L_1 + L_2} \end{aligned}$$

Ответ: $\frac{2}{3} \cdot \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \cdot \tilde{r}}{L_1 + L_2}$ $L_1 = L$; $L_2 = 4L$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \cdot \tilde{r}}{5L} = \frac{2}{15} \cdot \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \cdot \tilde{r}}{L}$$

Ответ: $\frac{2}{15} \cdot \frac{n \cdot S_1 \cdot B_0 \cdot \tilde{r}}{L}$ $\left(\frac{2 n S_1 B_0 \tilde{r}}{15 \cdot L} \right)$

$$\frac{n S_1 \cdot B_0}{L_1 + L_2}$$

$\leftarrow I_0$



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
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!

Дано:

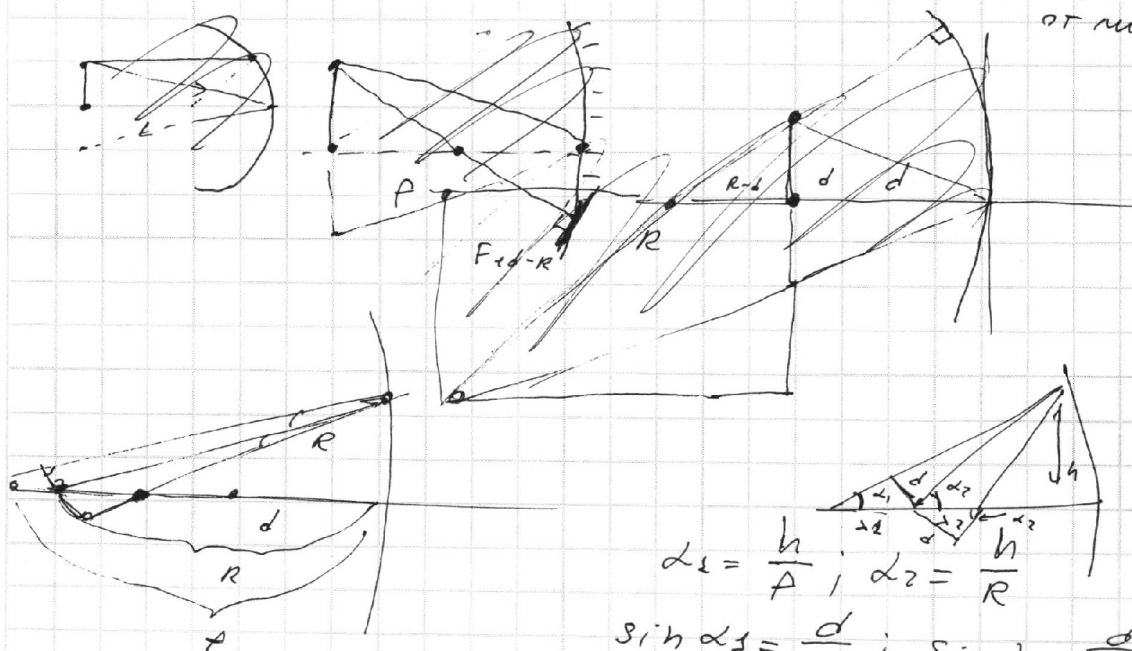
$$F, a = 1,5F$$
$$b = \frac{8F}{3}$$

- 1) R - ?
2) $\Delta = 2F$; n - ?

N5

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{F} ; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{Fa}$$
$$f = \frac{Fa}{a-F} = \frac{F \cdot 1,5F}{1,5F-F} = \frac{1,5}{0,5} = 3F$$

Далее изображение создает шор, при этом оно размещается в той же точке, что и объект (на расст. $f=3F$ от линз.)



$$\alpha_1 = \frac{h}{A} ; \quad \alpha_2 = \frac{h}{R}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{d}{x_1} ; \quad \sin \alpha_2 = \frac{d}{x_2}$$

$$\frac{A}{A} \cdot x_1 = \frac{A}{R} \cdot x_2 \quad \frac{x_1}{F} = \frac{x_2}{R}$$

$$x_1 = f - R ; \quad x_2 = R - d ; \quad \frac{f-R}{f} = \frac{R-d}{R}$$



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
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!

$$s - \frac{R}{f} = s - \frac{d}{R} \quad \frac{R}{f} = \frac{d}{R} \quad ; \quad R^2 = d \cdot f$$

Если $f = d$, то $R^2 = d^2$; $d = R$; $f = R$.

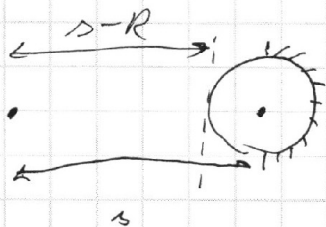
$\Rightarrow$ изображение от линзы пало в центр шара. $3f = d + R$

$$3f = \frac{8}{3}f + R; \quad \left(R = \frac{f}{3}\right)$$

Свет не преломляется о поверхность шара, т.к. все лучи $\perp$ поверхности.

1) шар отодвинем на $s = 2f$.

Теперь расстояние от изображения (источника для шара) и центром шара s .



$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$R_2 \rightarrow \infty$$

$$\frac{1}{f} = (n-1) \cdot \frac{1}{R} \quad \text{вход. лучи.}$$

Чтобы выйти под тем же углом лучи должны просто поменять свое направление. $\Rightarrow$ изображение в центре шара.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad ; \quad (n-1) \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{s-R} + \frac{1}{R}$$

$$n-1 = \frac{R + s - R}{R(s-R) \cdot R} \quad ; \quad n = 1 + \frac{s}{s-R} =$$

$$= \frac{s-R+s}{s-R} = \frac{2s-R}{s-R} = \frac{4f - \frac{1}{3}f}{2f - \frac{1}{3}f} = \frac{11/3}{5/3} = \frac{11}{5} = 2,2$$

Ответ: 2,2.



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

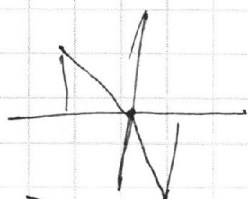
7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!

Лучи преломляются.

Они выходят из. или более толстых
среды.



$$\sin \alpha = \sin \beta \cdot n$$

$$x = s \cdot n$$

$\Rightarrow$ они преломляются меньше.

$$(n-1) \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{s-R} + \frac{1}{Rn}$$

$$n-1 = \frac{R}{s-R} + \frac{1}{n}$$

$$n^2 - n = \frac{R}{s-R} n + 1$$

$$n^2 - n \left(1 + \frac{R}{s-R} \right) - 1 =$$

$$n^2 - n \left(\frac{s}{s-R} \right) - 1 = 0$$

$$n^2 - n \frac{s}{s-R} - 1 = 0$$

$$D = \left(\frac{s}{s-R} \right)^2 + 4 = \frac{9}{25} + 4 = \frac{39}{25}$$

$$n_{1,2} = \frac{\frac{s}{s-R} \pm \sqrt{\frac{39}{25}}}{2} = \frac{3 \pm \sqrt{39}}{5} \approx \frac{9}{5} = 1,8$$



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
__ 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!

~~Проверить~~ ~~заканное~~ ~~время~~ ~~планов~~ ~~ити~~
~~бизнес~~ ~~кверху~~.

$$P_0 = 110$$

$$P_K = 140$$

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_K \cdot V_K}{T_K}$$

$$225 + 66 =$$

$$= 229 + 6 = 319$$

$$\frac{V_K}{V_0} = \frac{P_0}{P_K} \cdot \frac{T_K}{T_0} = \frac{11}{14} \cdot \frac{319}{359}$$

$$250 - 3502 \overline{) 15026} \\ \underline{0} \quad 15026$$

$$\underline{35020}$$

$$30156$$

$$\underline{49340}$$

$$40208$$

$$\underline{75234}$$

$$\underline{42060}$$

$$40208$$

$$\underline{08520}$$

лучи пролом



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!

