



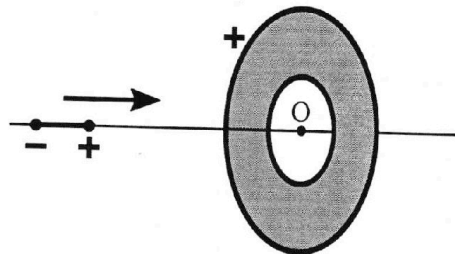
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

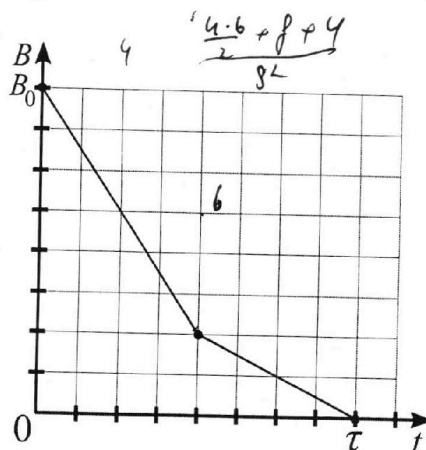
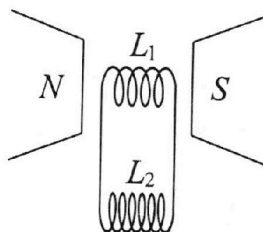


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 $\frac{3}{2}V_0$.



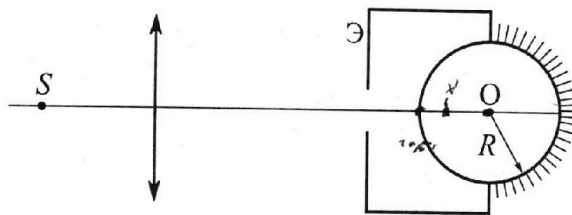
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 3L$ 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 $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, 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 $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



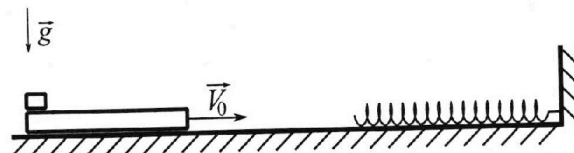
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-03

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 $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ 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.

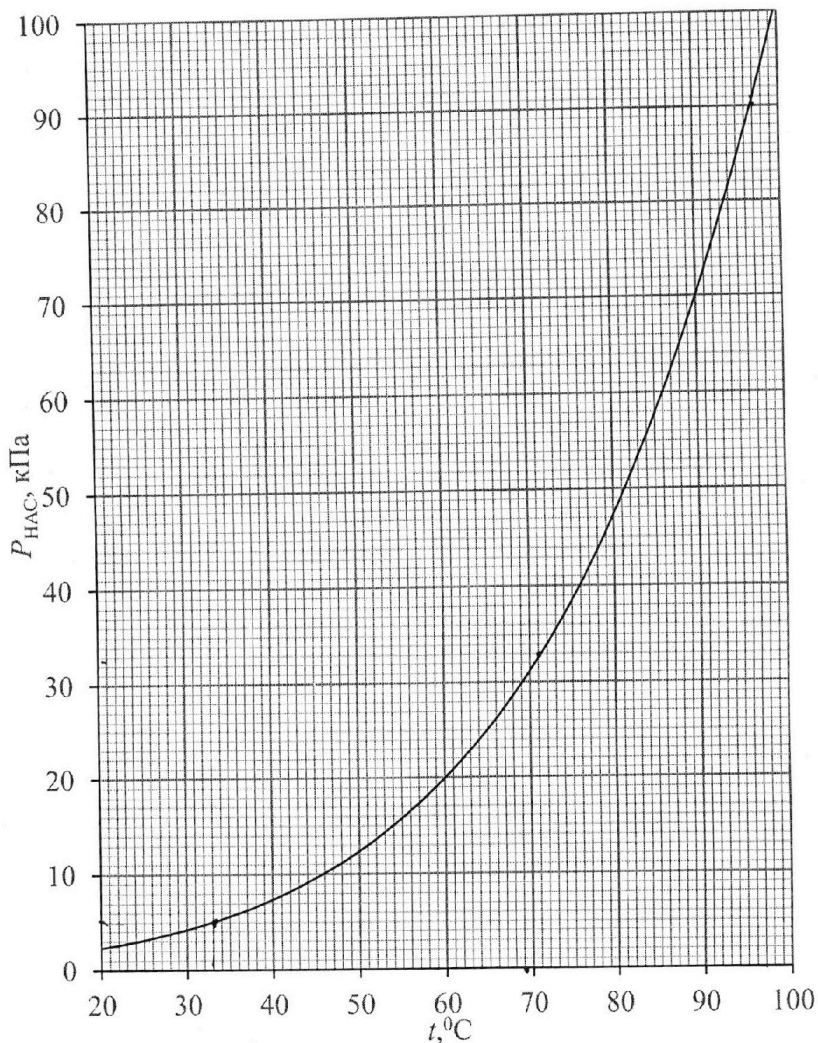


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °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 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 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) Пока брусок ползет относительно доски:

происходят гармонические колебания! (З.С.Э):

кинетич. энергия бруска и доски (E_k)

пот. энергия пружины (E_n)

$$\frac{3m v^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const}$$

или

$$\frac{3m \dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const} \Rightarrow \left(\frac{3m \dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} \right) = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3m \cdot 2 \dot{x} \ddot{x}}{2} + \frac{2k \dot{x} x}{2} = 0 \Rightarrow 3m \ddot{x} = -kx \text{ - колебания}$$

или в момент начала колебаний $\Rightarrow v_0 = v_{\max}$

$$\Rightarrow v(t) = v_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

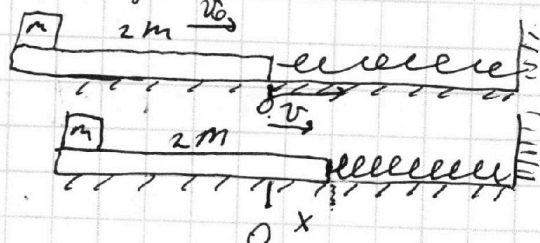
$$a(t) = -v_0 \sqrt{\frac{k}{3m}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$x(t) = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{k}{3m}}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t\right)$$

$$\frac{x(t)}{a(t)} = -\frac{1}{\frac{k}{3m}}$$

X-отрицат. при $a_{\max}$

$$\Rightarrow x = -\frac{v_0^2}{a_{\max}} \cdot \frac{3m}{k} = -\frac{Mg \cdot 3m}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 10}{36} = \frac{1}{4} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$



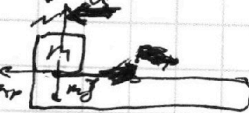
ИЗ-за МНОГОГО для бруска: (осб. ос.)

$$Q_{\max} = F_{\text{тр}} \max$$

$$Q = F_{\text{тр}} \max$$

$$= \frac{\mu M g}{m} = \frac{M \mu g}{m} = 0$$

$$= -\mu g$$





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!

~~№ 2~~

№ 1

$$2) a_{max} = -v_0 \sqrt{\frac{k}{3m}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t_{top}\right)$$

$$\downarrow$$
$$-mg = -v_0 \sqrt{\frac{k}{3m}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t_{top}\right)$$

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{3m}} t_{top}\right) = \frac{mg}{v_0 \sqrt{\frac{k}{3m}}} = \frac{0.3 \cdot 20}{1 \cdot \sqrt{\frac{36}{3 \cdot 1}}} = \frac{3}{6\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{k}{3m}} t_{top} = \frac{\pi}{3} = 1$$

$$t = \sqrt{\frac{3m}{k}} = \sqrt{\frac{3}{36}} = \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{1}{\sqrt{12}\sqrt{3}}$$

$$\text{ответ: } \frac{1}{2\sqrt{3}}$$



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
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!

№2

1) при $t_0 = 97^\circ\text{C}$ $P_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} =$ (из графика)

объем в начале

$$\begin{cases} P_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} \cdot V_0 = \rho_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} R \cdot t_0 \\ P_1 \cdot V_0 = \rho_0 R \cdot t_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_0}{P_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} \cdot V_0} = \frac{\rho_0 R \cdot t_0}{\rho_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} R \cdot t_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_1 = P_{\text{нас}, 97^\circ\text{C}} \cdot \varphi_0 = 90 \text{ кПа} \cdot \frac{1}{3} = 30 \text{ кПа}$$

из графика
Ответ: 30 кПа

расчетные значения пара
температура

2) $P_0 \cdot V_i = \rho_0 R T_0$ $P = P_0 = (\rho_0 + \rho_r) R T$ (количество газа (пара))
(газ по таблице V_i пар)
 $P_0 = \frac{\rho_0 R T_0}{V_i}$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{\rho_0 R T_0}{V_i \cdot (\rho_0 + \rho_r) R T} \Rightarrow P_0 = P_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_0 + \rho_r} = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 = P_1 \quad \left(\begin{array}{l} \text{пара нег} \\ \text{конденсация} \\ \rho_0 - \text{количество} \\ \text{пара} \end{array} \right)$$

Когда начнется конденсация:

$$P_{\text{нас}}(t) = P_1 \Rightarrow \text{из графика } t_{\text{к}}(P_{\text{нас}}) = t(P_1) = 69^\circ\text{C}$$

$$= t(30 \text{ кПа}) = 69^\circ\text{C} \quad (\text{из графика})$$

Ответ: 69°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 ☐

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!

№ 2

3) $t = 33^\circ\text{C}$

$P_{\text{max}} V = \Delta p \cdot R t \Rightarrow \Delta p = \frac{P_{\text{max}} V}{R t}$

$P_0 V_0 = \Delta p R t_0 \Rightarrow P_0 V_0 + P_1 V_0 = P_0 V_0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow P_1 = P_0 - P_2 = P_0 (1 - \mu)$

$\Delta p = \frac{P_0 (1 - \mu) V_0}{R t_0} \quad (\Delta p + \Delta p) = \frac{P_0 V_0}{R t_0}$

$\frac{P_0 V}{P_0 V_0} = \frac{(\Delta p + \Delta p) R t}{(\Delta p + \Delta p) R t_0} = \frac{(\Delta p + \Delta p) t}{(\Delta p + \Delta p) t_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{\left(\frac{P_0 (1 - \mu) V_0}{R t_0} + \frac{P_{\text{max}} V}{R t} \right) t}{\frac{P_0 V_0}{R t_0}} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{P_0 (1 - \mu) V_0}{P_0 V_0} + \frac{P_{\text{max}} V}{P_0 V_0} =$

$\Rightarrow V \left(\frac{P_0}{t} - \frac{P_{\text{max}}}{t} \right) = \frac{P_0 (1 - \mu) V_0}{t_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \frac{P_0 \cdot (1 - \mu)}{P_0 - P_{\text{max}}} = \frac{33\text{K} + 273\text{K}}{27\text{K} + 273\text{K}} \cdot \frac{105\text{mmHg}}{105 - 5} = \frac{306 \cdot 70}{370 \cdot 100}$
 $= \frac{2142}{3700} = \frac{21,42}{37} \approx \frac{21}{37}$

$\Rightarrow \frac{21}{37}$



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 ☐

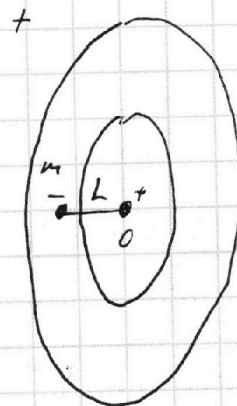
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

№3

1)

принести из ∞ электроны
 $\Rightarrow$ вынести $-q$ из центра
по траектории
(А когда $+q$ пересекла плоскость
линия его уже отталкивает
далее $\Rightarrow$ он пролетает отверстие)
 $\Rightarrow$ Если пролет $= E_n - q$ на расстоянии L
(кинетическая в начале)



$$\frac{mv_0^2}{2} =$$



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
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!

№ 4

1) тк. $R \rightarrow 0$ - это идеал проводящий контур

$$\Phi = 0; \Delta \Phi = \Phi_{\text{вн}} - L_{12} I = 0; \Phi_{\text{вн}} = S_1 \cdot N_1 \cdot B_0$$

поток магн. поля
через первую катушку
от магнита

$$L_{12} = L_1 + L_2$$

$$\Phi_{\text{вн}} = L_{12} I \Rightarrow I = \frac{\Phi_{\text{вн}}}{L_{12}} = \frac{S_1 N_1 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{S_1 N_1 B_0}{4L} = \frac{S_1 N_1 (B_0 - B)}{4L}$$

Ответ: $\frac{S_1 N_1 B_0}{4L}$

2) $I(t) = \frac{S_1 N_1 (B_0 - B(t))}{4L} \Rightarrow I(t) dt = \frac{S_1 N_1 (B_0 - B(t))}{4L} dt$

$$\Rightarrow \int_0^{\tau} I(t) dt = \int_0^{\tau} \frac{S_1 N_1 (B_0 - B(t))}{4L} dt \Rightarrow Q = \frac{S_1 N_1}{4L} \int_0^{\tau} B_0 dt - B(t) dt$$

$$= \left(B_0 \tau - \int_0^{\tau} B(t) dt \right) \frac{S_1 N_1}{4L} = \frac{S_1 N_1}{4L} \left(B_0 \tau - B_0 T \left(\frac{4.2 + 8 + \frac{2.5}{2}}{8.8} \right) \right) =$$

площадь под гр. B(t)

из графика.
(количество клеток по
горизонтали $\times$ количество
клеток в координате $B_0 \cdot T$)

$$= \frac{S_1 N_1}{4L} \cdot B_0 \cdot T \left(1 - \frac{12 + 8 + 4}{2.8 \cdot 8} \right) =$$

$$= \frac{S_1 N_1 B_0 \cdot T}{4L} \cdot \left(1 - \frac{3 + 2 + 1}{2.8} \right) = \frac{S_1 N_1 B_0 \cdot T}{4L} \cdot \left(1 - \frac{6}{2.8} \right) = \frac{S_1 N_1 B_0 \cdot T}{4L} \cdot \frac{5}{8}$$

Ответ: $\frac{S_1 N_1 B_0 \cdot T \cdot 5}{32}$



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**.

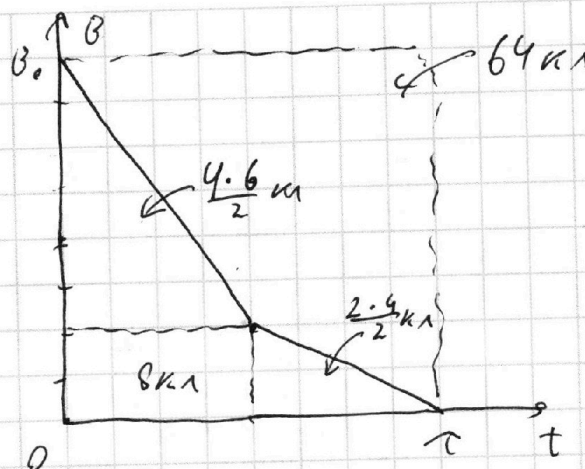
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

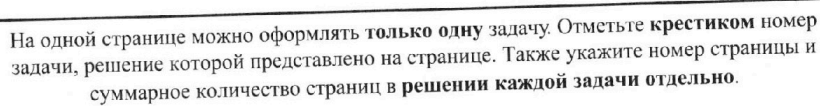
№ 4

рисунок:



ОТВЕТ:
$$\frac{S_1 n B_0 \tau \cdot 5}{32 L}$$

OTBET: 0,5 F



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!

$\frac{1}{F^2} = \frac{1}{F^2} + \frac{1}{\sigma^2}$

$$Vp = (p_r + p_g) \cdot V = \cancel{p_r R T} + p_g R T =$$

$$\Rightarrow p_r + p_g = \underline{\cancel{p_r} + p_g / R T}$$

$$P_B = \frac{\partial K}{\partial V}$$

$$P_2 V_2 = P_1 V_1$$

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{P_0 \cdot V_0} = \frac{(P_r + P_0) R t_n}{(P_r + P_0) R t_0}$$

$$P_{\text{max}} = I_R + K$$

$$I_L = \Phi$$
$$L = \frac{I}{\Phi}$$

$$r = \frac{\sqrt{I^2}}{2}$$

B.S.L JPL

$$\frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{4.7^2}{2} = \frac{70}{100} \cdot \frac{306}{370} =$$

$$= \frac{2.753}{185} - \frac{7.181}{37} = 14.88$$



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.

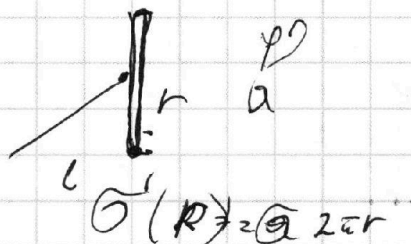
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

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!

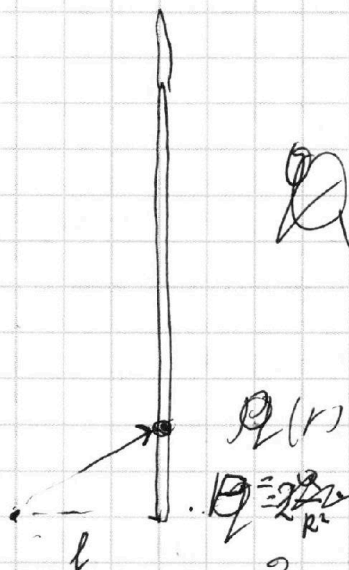
Черновик

$$306 \cdot 7 = 1530 + 612 = 2142$$



~~E =~~

$$F(R) = k \frac{q \cdot dr \cdot \sigma \cdot 2\pi r}{\sqrt{r^2 + R^2}^2} \cdot \frac{l}{\sqrt{r^2 + R^2}^2}$$



~~E = k q~~

$$E_x(R) = \frac{k q(r) \sigma r}{\sqrt{r^2 + R^2}^2} \cdot \frac{L}{\sqrt{r^2 + R^2}^2} =$$
$$= \frac{L k \sigma 2\pi r}{\sqrt{L^2 + R^2}^3} \cdot q$$

$$\sigma(R) = \frac{q}{2\pi R}$$
$$E = \frac{q}{2\pi R} \cdot \sigma \cdot 2\pi r$$
$$= \frac{q}{4\pi R^2} \cdot \sigma \cdot 2\pi r$$