



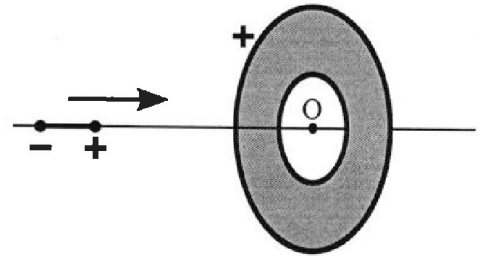
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



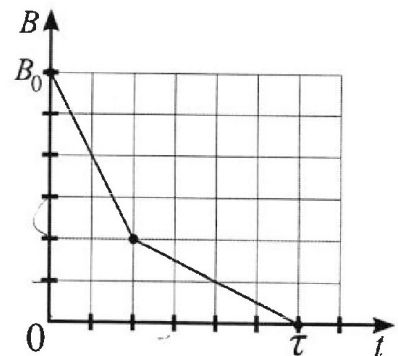
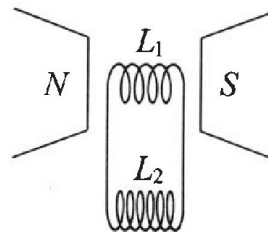
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

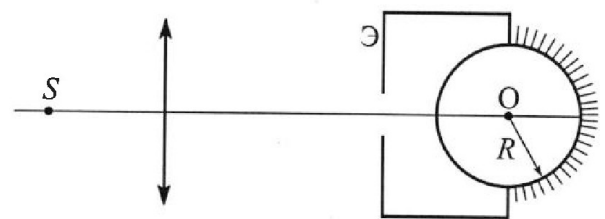
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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 от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



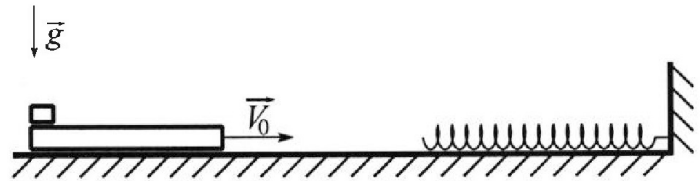
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

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.

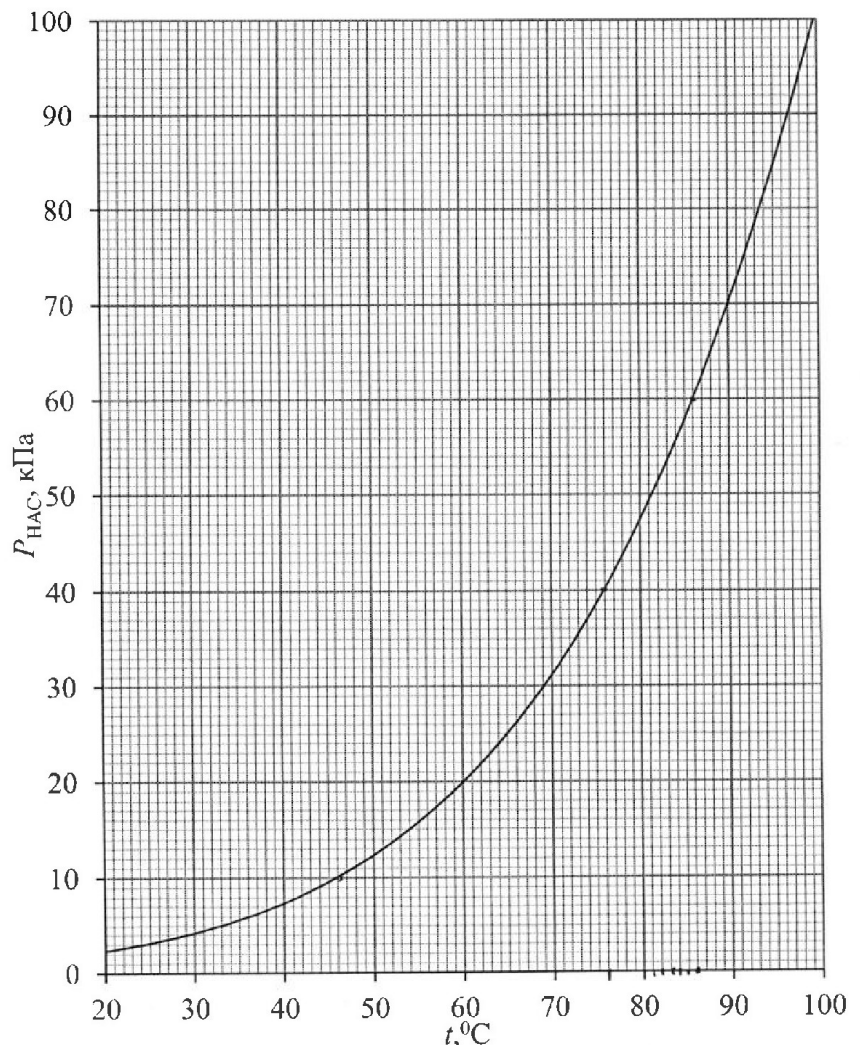


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 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!

N1

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$k = 27 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\pi \approx 3$$

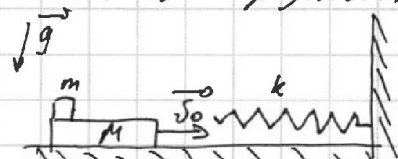
$$1) \Delta x_1 - ?$$

$$2) \Delta t_1 - ?$$

$$3) a_2 - ?$$

Решение

Δx_1 - статическое удлинение в момент начала относительного движения бруса и доски
 Δt_1 - промежуток времени с момента статики пружины до начала относительного движения бруса и доски
 a_1 - ускорение доски в момент максимального статического удлинения.



1) Применим II закон Ньютона для бруса после начала статики пружины. Обозначим координатой O - как координат на конце полностью разжатой пружины (см рис 1), тогда через некоторое время:

$$\text{II закон Ньютона: } M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{упр} + \vec{F}_{тр} \quad (1)$$

$$Ox: -Ma = -F_{упр} + F_{тр} \Rightarrow a = \frac{F_{упр} - F_{тр}}{M} \text{ но } F_{упр} = kx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{kx - F_{тр}}{M}$$

НСО - Земля
НСО - доска
тело - брус

$F_{упр}$ - сила упругости
 Mg - сила тяжести
 N - сила реакции опоры
 $F_{тр}$ - сила трения со стороны бруса

2) Перейдем в систему отсчета связ с доской. Она является инерциальной $\Rightarrow F_{ин} = -m\vec{a}$ - сила инерции

II закон Ньютона для бруса:

$$m\vec{a}' = m\vec{g} + \vec{N}' + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_{ин} = m\vec{g} + \vec{N}' + \vec{F}_{тр} + (-m\vec{a}) \quad (2)$$

из II закона: $F_{тр} = F_{тр}$

$F_{тр}$ - сила трения

$$O'y': 0 = -mg + N' \Rightarrow N' = mg$$

для случая, когда относительное движение только началось: $a' = 0$; $F_{тр} = \mu N' = \mu mg \Rightarrow$

$$\Rightarrow O'x': 0 = -F_{тр} + ma \Rightarrow \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$$

$$\text{но } a = \frac{kx_1 - \mu mg}{M} \Rightarrow \mu g = \frac{kx_1 - \mu mg}{M} \Rightarrow x_1 = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{27} = \frac{3}{27} = \frac{1}{9} \text{ м}$$

3) Найдем время за которое пружина стала на Δx_1

$$\text{из } Ma = kx - \mu mg \text{ и } a = \ddot{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M\ddot{x} - kx = 0 \Rightarrow \ddot{x} = \frac{k}{M}x = 0 \text{ - однородное уравнение}$$

$$\Rightarrow \text{колебания будут гармоническими и } \omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \text{ где } \omega - \text{циклическая частота}$$



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!

тогда:

$$x(t) = x_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

x_m - максимальное статическое смещение;
 φ_0 - начальная фаза;

для момента времени $t=0$: $x=0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin(\omega t + \varphi_0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0;$$

тогда

$$v(t) = \dot{x}(t) = x_m \omega \cos(\omega t), \text{ где } x_m \omega = v_m, \text{ но } v_m = v_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_m = \frac{v_0}{\omega} \Rightarrow x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$$

Для момента времени Δt_1 : $x(\Delta t_1) = \Delta x_1 = \frac{2}{9} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta x_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \Delta t_1\right); \text{ подставим значения:}$$

$$\frac{2}{9} = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{27}{2}}}{\sqrt{\frac{27}{2}}} \sin\left(\sqrt{\frac{27}{2}} \Delta t_1\right) \Rightarrow \sin\left(\sqrt{\frac{27}{2}} \Delta t_1\right) = \frac{\sqrt{2}}{27\sqrt{3}};$$

$$\Delta t_1 = \sqrt{\frac{2}{27}} \cdot \arcsin \frac{\sqrt{2}}{27\sqrt{3}}$$

из 1 пункта для доски:

$$M a = F_{упр} - F_{гр}' \Rightarrow$$

$\Rightarrow M a = k x - M m g$ для случая начала движения относительно доски

но $a = \ddot{x}$, тогда:

$$M \ddot{x} - k x + M m g = 0$$

$$\ddot{x} - \frac{k}{M} \left(x - \frac{M m g}{k}\right) = 0 \Rightarrow \left(x - \frac{M m g}{k}\right)'' - \frac{k}{M} \left(x - \frac{M m g}{k}\right) = 0 \text{ - однородное дифференциальное уравнение II порядка}$$

$\Rightarrow$ решение гармоническое $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{M}$

$$\Rightarrow x(t) = x_m \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{M m g}{k}$$

3) Найдем время Δt_1 , за которое пружина сожмется на Δx_1 ;

из (2): разложим в проекции на $O'x'$: $m a' = -F_{гр} + m a$;

т.к. до момента времени Δt_1 брусок не двигался $\Rightarrow$

$\Rightarrow a' = 0 \Rightarrow F_{гр} = m a$; тогда из (1) в проекции на Ox :

$-M a = -F_{упр} + F_{гр}'$, где $F_{гр}' = F_{гр} = m g$ по III закону Ньютона



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!

тогда $Ma = kx - ma \Rightarrow$

$\Rightarrow a(M+m) = kx$, но $a = \ddot{x} \Rightarrow$

$\Rightarrow \ddot{x} - \frac{k}{M+m} x = 0$ - однородное дифф ур-е II порядка $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ колеб. гармонич. и $\omega = \frac{k}{M+m}$; тогда:

$x(t) = x_m \sin(\omega t + \varphi_0)$, где x_m - максимальное смещение пружины;
 φ_0 - нач. фаза;

для $t=0$:

$0 = \sin \varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow x(t) = x_m \sin(\omega t)$;

$v(t) = \dot{x}(t) = \underbrace{x_m \omega}_{v_m} \cos(\omega t)$, ~~и~~ $v_m = v_0 \Rightarrow x_m \omega = v_0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow x_m = \frac{v_0}{\omega}$;

тогда для $t = \Delta t_1$:

$\Delta x_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega \Delta t_1)$ подставим значения:

$\frac{1}{3} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1+2}{27g}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{27}{1+2}} \Delta t_1\right) \Rightarrow$
и $\omega \Delta t_1 = \frac{\pi}{6}$

$\frac{1}{2} = \sin 3\Delta t_1 \Rightarrow 3\Delta t_1 = \frac{\pi}{6} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{\pi}{18} \text{ с} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}$

4) ~~Найдем~~ составим зп-е движения ~~для~~ после начала относительного движения бруска и доски:

$F_{\text{тр}}' = F_{\text{тр}} = \mu mg = \text{const}$ - трение скольжения;

$Ma = kx - \mu mg$;

$\ddot{x} = \frac{k}{M} \left(x - \frac{\mu mg}{k}\right)$; но $\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right)'' = \ddot{x}$; пусть $x - \frac{\mu mg}{k} = \xi \Rightarrow$

~~$\cos\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right)$~~ $\Rightarrow \ddot{\xi} - \frac{k}{M} \xi = 0$ - однородное дифф ур-е $\Rightarrow \omega' = \frac{k}{M}$;

$\xi(t) = \xi_m \sin(\omega' t + \varphi_0')$; $\xi_m = x_m - \frac{\mu mg}{k}$;
 t' - время, при кот $x = x_m \Rightarrow \sin(\omega' t' + \varphi_0') = 1$;

$v(t) = \dot{\xi}(t) = \xi_m \omega' \cos(\omega' t + \varphi_0')$;

но $v_m' = \xi_m \omega' = v(\Delta t_1) = v_0 \cos(\omega t) = v_0 \left(\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \Rightarrow$

$a(t) = \ddot{\xi}(t) = -\xi_m \omega'^2 \sin(\omega' t + \varphi_0)$;

$a_2 = |a(t)| = \xi_m \omega'^2 \sin(\omega' t + \varphi_0) = \frac{1}{2} \Rightarrow a_2 = \xi_m \omega'^2 = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \omega' =$
 $= 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{k}{M}} \frac{27}{2} = \frac{3 \cdot 3}{\sqrt{2}} = \frac{9}{\sqrt{2}} = 4,5\sqrt{2} \text{ м/с}^2$

Ответ: $\Delta x_1 = \frac{1}{3} \text{ м}$; $\Delta t_1 = \frac{1}{6} \text{ с}$; $a_2 = 4,5\sqrt{2} \text{ м/с}^2$



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.



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!

N 2

Дано:

$$P_0 = 150 \text{ кПа}$$

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

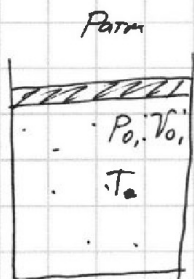
$$\varphi_0 = \frac{2}{3}$$

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

1) P_1 - ?

2) t^* - ?

3) $\frac{V}{V_0}$ - ?



Решение

Максимальное давление в сосуде, т.к. $P_0 = P = \text{const}$ - суммарное давление

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{пар}}; \quad P_{\text{атм}} = \text{const} - \text{атмосферное давление}$$

$$P_{\text{пар}} = \text{const} - \text{давление, создаваемое паром}$$

$$\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нас}}}; \quad P_{\text{нас}} = P_{\text{нас}}(86^\circ \text{C}) = 60 \text{ кПа}$$

$$P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нас}} = \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10^3 = 40 \cdot 10^3 \text{ Па} = 40 \text{ кПа}$$

из закона Дальтона:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{пар}} + P_{\text{сух}}; \quad \text{где } P_{\text{пар}} - \text{давление водяного пара, а } P_{\text{сух}} - \text{давление сухого воздуха;}$$

$$P_{\text{сух}} = P_0 - P_1 = 150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} = 110 \text{ кПа}$$

из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1; \quad \text{тогда}$$

$$P_{\text{сух}} = \frac{\nu R T}{V_s} \quad \text{и} \quad P_{\text{пар}} = \frac{\nu_s R T}{V_s} \quad (\text{до начала конденсации})$$

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{сух}} V_s &= \nu R T \\ P_0 V &= \nu R T \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_{\text{общ}} = (\nu_s + \nu) \frac{R T}{V}$$

$$P_{\text{общ}} = \frac{(\nu_s + \nu) R T}{V} = P_0; \quad \nu_s + \nu = \text{const} \quad \text{до нач. конденс.}$$

$$\Rightarrow \text{const} = \frac{\text{const} \cdot R T}{V} \Rightarrow \frac{T}{V} = \text{const} \quad \text{до нач. конденс.}$$

$$\text{При } \varphi_2 = 1; \quad P_{\text{пар}} = P_{\text{нас}};$$

$$P_0 = P_{\text{сух}2} + P_{\text{нас}} = \frac{\nu_s R T}{V_s} = \frac{\nu_s R T_0}{V_0} = P_{\text{сух}0} = P_0 - P_{\text{пар}1} \Rightarrow P_0 = P_0 - P_{\text{пар}1} + P_{\text{нас}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{нас}} = P_{\text{пар}1} = P_1 = 40 \text{ кПа}; \quad \text{из граф. } t^* = 76^\circ \text{C};$$

3) В конце отобавания:

$$\varphi_3 = 1 \Rightarrow P_{\text{пар}3} = P_{\text{нас}} = P_{\text{нас}}(46^\circ \text{C}) = 10 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{сух}3} = P_0 - P_{\text{пар}3} = 150 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^3 = 140 \cdot 10^3 \text{ Па} = 140 \text{ кПа} - \text{давление сух. воздуха в конце отобав.}$$

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{сух}3} V &= \nu R T_3 \\ P_{\text{сух}1} V_0 &= \nu R T_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_{\text{сух}3}}{P_{\text{сух}1}} \cdot \frac{V}{V_0} = \frac{T_3}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T_3}{T_0} \cdot \frac{P_{\text{сух}1}}{P_{\text{сух}3}} = \frac{46+273}{86+273} \cdot \frac{110}{140} =$$

$$= \frac{319}{359} \cdot \frac{110}{140} = \frac{3509}{5026}$$

$$\text{Ответ: } P_1 = 40 \text{ кПа}; \quad t^* = 76^\circ \text{C}; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$$



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!

$$v_{\max} - v_{\min} = 2v_0 - v_y = 2v_0 - \frac{v_0(2-\sqrt{2})}{2} = \frac{v_0\sqrt{2}}{2},$$

$$\text{Ответ: } v_y = \frac{v_0(2-\sqrt{2})}{2}, \quad v_{\max} - v_{\min} = \frac{v_0\sqrt{2}}{2}$$



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!

N 3

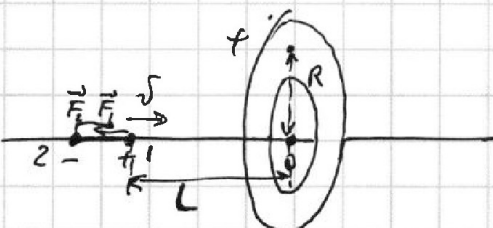
Дано:

$$v_{\min} = v_0$$

$$v = 2v_0$$

1) $v_y = ?$

2) $v_{\max} - v_{\min} = ?$



Решение

q - заряд на диноле

Q - заряд диноли (средний)

R - радиус диноли (внешний)

r - внутренний радиус диноли

l - расстояние между зарядами

m - масса одного шарика

q - заряд шарика

сила Кулона, действующая на 1 шарик

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q_1 Q}{2R \sqrt{L^2 + R^2}}$$

$F_1 = \sum F_1' = k \frac{q_1 Q}{\sqrt{L^2 + R^2}}$ - суммарная сила

Аналогично

$$F_2 = k \frac{q_2 Q}{\sqrt{(L+l)^2 + R^2}}$$

$F = F_1 - F_2 = k q_1 Q \left(\frac{1}{\sqrt{L^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(L+l)^2 + R^2}} \right)$ - сила, действующая на диноль

1) при $v = v_{\min} = v_0$:

пусть $L + \frac{l}{2}$ пройдёт за t и $v' = 0$ - скорость в центре $\Rightarrow$

$$\Rightarrow L + \frac{l}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

$$0 = v_0 - at \Rightarrow t = \frac{v_0}{a} \Rightarrow L + \frac{l}{2} = \frac{v_0^2}{2a} \Rightarrow a' = \frac{v_0^2}{2L+l};$$

но $ma = F \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2L+l} = k q_1 Q$

при $v = 2v_0$:

$$L + \frac{l}{2} = 2v_0 t' - \frac{at'^2}{2};$$

$$v_y = 2v_0 - at' \Rightarrow t' = \frac{2v_0 - v_y}{a} = \frac{2v_0 - v_y}{v_0^2} \cdot (2L+l);$$

$$L + \frac{l}{2} = 2v_0 \cdot \frac{2v_0 - v_y}{v_0^2} \cdot (2L+l) - \frac{v_0^2}{(2L+l)} \cdot \frac{(2v_0 - v_y)^2}{v_0^4} \cdot (2L+l)^2$$

$$\frac{1}{2} = 2 \frac{2v_0 - v_y}{v_0} - \frac{(2v_0 - v_y)^2}{v_0^2}; \text{ пусть } \frac{2v_0 - v_y}{v_0} = b \Rightarrow b = 2 - \frac{v_y}{v_0}$$

$$\Rightarrow 1 = 4b - 2b^2 \Rightarrow 2b^2 - 4b + 1 = 0$$

$$D = 2^2 - 2 = 2 \Rightarrow b = \frac{2 \pm \sqrt{2}}{2} = 1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 - \frac{v_y}{v_0} = 1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2}; \frac{v_y}{v_0} = 1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2}; \text{ так } v_y < v_0 \Rightarrow \frac{v_y}{v_0} = 1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow v_y = \frac{v_0(2 - \sqrt{2})}{2}$$



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 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!

УЧ

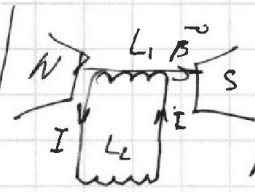
Дано:

$$L_1 = L; n; S_1; B_0$$

$$L_2 = 4L; \tau$$

$$1) I_0 = ?$$

$$2) q = ?$$



Решение

1) т.к. B изм. $\Rightarrow$ в катушке L_1 возникает ЭДС индукции;

по 3 Фарадеи:

$$|E_s| = \left| - \frac{d\Phi}{dt} \right|; d\Phi = S \cdot dB; \text{ т.к. } \Phi = B \cdot S$$

$$E_{св1} = n \cdot |E_s| = n \cdot S_1 \cdot \left| \frac{dB_0}{dt} \right|;$$

$$E_{св1} = n \cdot S_1 \cdot \left| \frac{B_0 - \frac{2}{3}B_0}{\frac{2}{3}\tau} \right| = n \cdot S_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{B_0 \cdot \frac{2}{3}}{\tau} = \frac{2nS_1 B_0}{3\tau} \quad \text{ЭДС инд. при } t \in [0; \frac{1}{3}\tau];$$

$$E_{св2} = n \cdot S_1 \cdot \left| \frac{\frac{1}{3}B_0 - 0}{\frac{2}{3}\tau} \right| = \frac{nS_1 B_0}{2\tau} \quad \text{ЭДС инд. при } t \in [\frac{1}{3}\tau; \tau];$$

Для катушек:

при изменении тока в катушке возник ЭДС самоиндукции:

$$|E_{is1}| = L_1 \left| \frac{dI_1}{dt} \right|;$$

$$|E_{is2}| = L_2 \left| \frac{dI_2}{dt} \right|;$$

$$E_{св1} \text{ раскод на } |E_{is1}| \text{ и } |E_{is2}| \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ для катушки L_1 :

$$E_{св1} = L \frac{dI_1}{dt_1} + 4L \frac{dI_1}{dt_1}, \text{ где } dI_1 - \text{изм. тока при } t \in (0; \frac{1}{3}\tau) \text{ и } dt_1 = \frac{1}{3}\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2nS_1 B_0}{3\tau} = 5L \frac{dI_1}{\frac{1}{3}\tau} = \frac{15L dI_1}{\tau} \Rightarrow dI_1 = \frac{2nS_1 B_0}{15L}$$

$$E_{св2} = L \frac{dI_2}{dt_2} + 4L \frac{dI_2}{dt_2}, \text{ где } dI_2 - \text{изм. тока при } t \in (\frac{1}{3}\tau; \tau) \text{ и } dt_2 = \frac{2}{3}\tau \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{nS_1 B_0}{2\tau} = 5L \frac{dI_2}{\frac{2}{3}\tau} = \frac{15L dI_2}{2\tau} \Rightarrow dI_2 = \frac{nS_1 B_0}{15L};$$

$$I_0 = dI_1 + dI_2 = \frac{2nS_1 B_0}{15L} + \frac{nS_1 B_0}{15L} = \frac{3nS_1 B_0}{15L} = \frac{nS_1 B_0}{5L}$$

$$2) q = q_1 + q_2; q_1 = dI_1 \cdot dt_1; q_2 = dI_2 \cdot dt_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q = \frac{2nS_1 B_0}{15L} \cdot \frac{1}{3}\tau + \frac{nS_1 B_0}{15L} \cdot \frac{2}{3}\tau = \frac{4nS_1 B_0 \tau}{45L};$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{nS_1 B_0}{5L}; q = \frac{4nS_1 B_0 \tau}{45L}$$



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

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!

N5

Дано:

$$a = 1,5F$$

$$b = \frac{8F}{3}$$

$$\Delta = 2F$$

$$1) K-?$$

$$2) H-?$$

1) I случай:

Т.к. изобраз. попадет в ту же точку $\rightarrow F_{\text{сист}} = \infty$

и система работает как ~~эпистолес~~ ~~зеркало~~

Форм-ла т. линз ~~без учета шара~~:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}, \text{ где } f - \text{ точка куда попадет бр. изобр.}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f = 3F$$

Т.к. изобр. попадет в источник при любом n (показ преломл. вещества в шаре) $\Rightarrow$ пусть $n_1 = 1$

Ф-ла сферы зрелит:

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{b'};$$

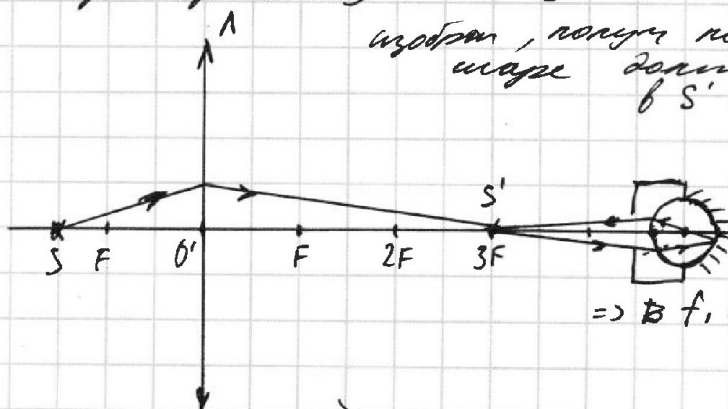
$a' = b'$ т.к. изобр. S'' должно попасть в S' (в силу обратн. путей изобр. S'' попадет в $S \Rightarrow S''$ должно совпадать с S').

$$a = b + 2R - f = \frac{8F}{3} + 2R - 3F = 2R - \frac{1}{3}F;$$

$$\frac{2}{R} = \frac{2}{2R - \frac{1}{3}F} \Rightarrow 2R = \frac{1}{3}F = R \Rightarrow R = \frac{F}{3}$$

$$2) \text{ Шар передвинут на } \Delta = 2F \Rightarrow b_2 = \frac{8F}{3} + 2F = \frac{14}{3}F$$

изобр., получ. после отражения в шаре должно попадать в $S' \Rightarrow$ рассм. систему из шара и S' отдельно



S' находится на расст f_1 от ~~шара~~ ~~крайней~~ т. шара

$$\Rightarrow f_1 = b_2 - 3F = \frac{14}{3}F - 3F = \frac{5}{3}F;$$



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!

Луч 10° отклоняется на малый угол α ; $\alpha \leq 15^\circ$

т.к. α - малый $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ мы можем пренебречь искривлением дуги BC и считать $\triangle ABC$ прямоугольным

$\Rightarrow \angle BCA = 90^\circ - \alpha$;

по 3 углам:

$$\frac{\sin(90^\circ - \angle BCA)}{\sin \beta} = \frac{n}{n_{\text{возд}} = 1} \Rightarrow \sin \alpha = \sin \beta \cdot n$$

т.к. α - малый $\Rightarrow \beta = n \cdot \alpha$;

S'' - расхождение лучей для сферического зеркала;

$$BC = AB \cdot \tan \alpha = AB \cdot \alpha$$

$$BC = f \cdot \alpha = \frac{5}{3} F \cdot \alpha$$

$$\Rightarrow AB^2 \alpha^2 = BC^2 (1 - \alpha^2) \Rightarrow BC = AB \frac{\alpha}{\sqrt{1 - \alpha^2}} = \frac{5 F \alpha}{3 \sqrt{1 - \alpha^2}}$$

$$A'B = \frac{BC}{\tan \beta} = \frac{5 F \cdot \alpha}{3 \cdot \beta} = \frac{5 F \cdot \alpha}{3 n \alpha} = \frac{5 F}{3 n}$$

Для зеркала:

$$\frac{2}{R} = \frac{2}{A'B} \Rightarrow A'B = R \Rightarrow \frac{5 F}{3 n} = \frac{1}{3} \Rightarrow n = 5$$

$$\text{Ответ: } R = \frac{1}{3} F; n = 5$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$a = \mu g \frac{m}{M};$$

$$\mu R = \mu m g \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1 \cdot 0,9 \cdot 10}{2,2} = \frac{1}{2}$$

$$P_{\text{max}}^* = \frac{\nu R (T^* + 273)}{V'} = P_0 - P_c';$$

$$P_c' = \frac{\nu R T}{V'}; \quad \nu R T = P_0 V_0 = (P_0 - P) V_0 =$$

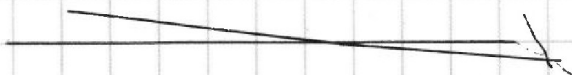
$\Rightarrow$

$$\begin{array}{r} 46 + 273 \\ \hline 46 \\ \hline 519 \\ 319 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 359 \\ \hline 1436 \\ + 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 3197 \\ 3919 \end{array}$$



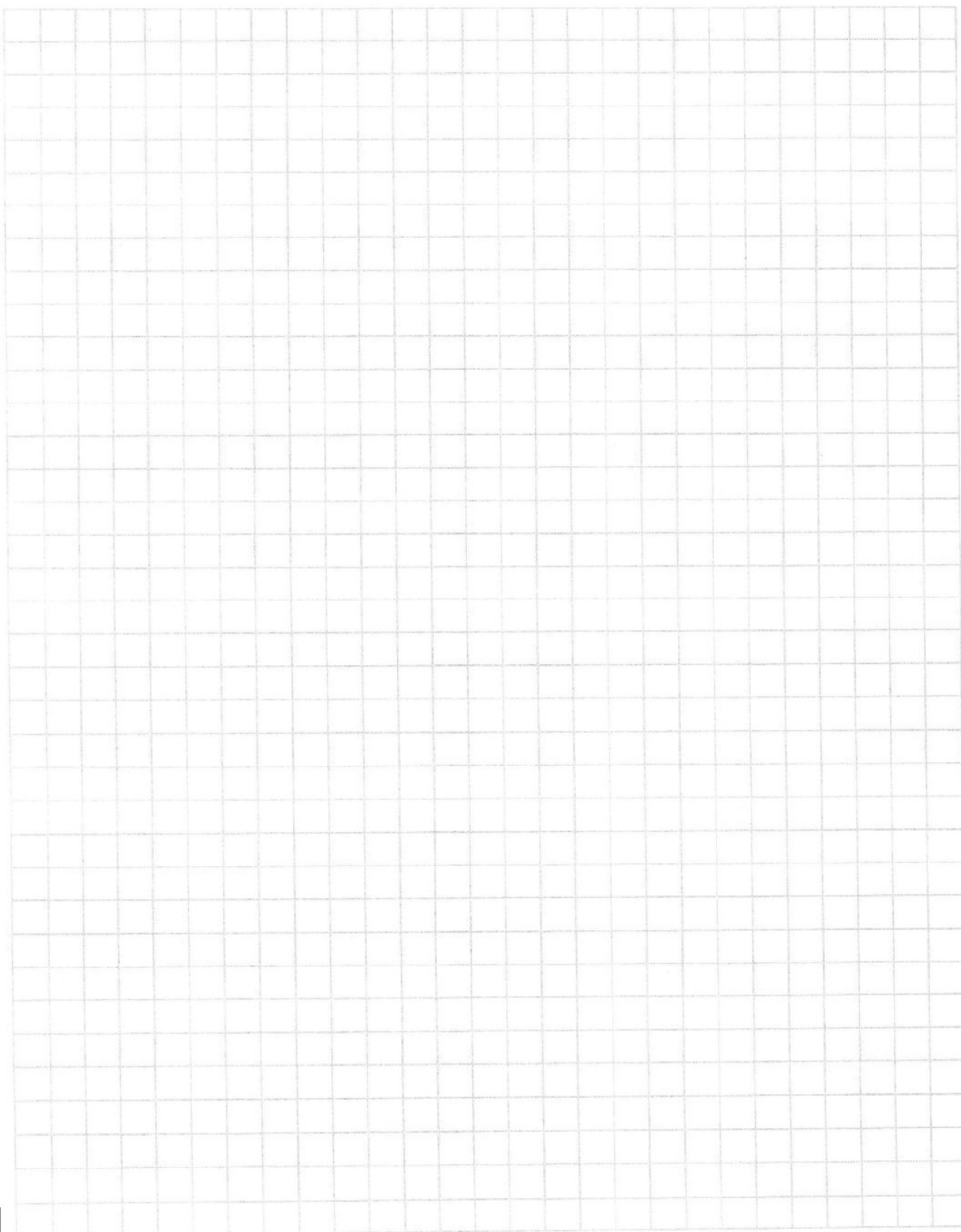


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 ☐

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!

15 Dano:

$$a = 1,5 F$$

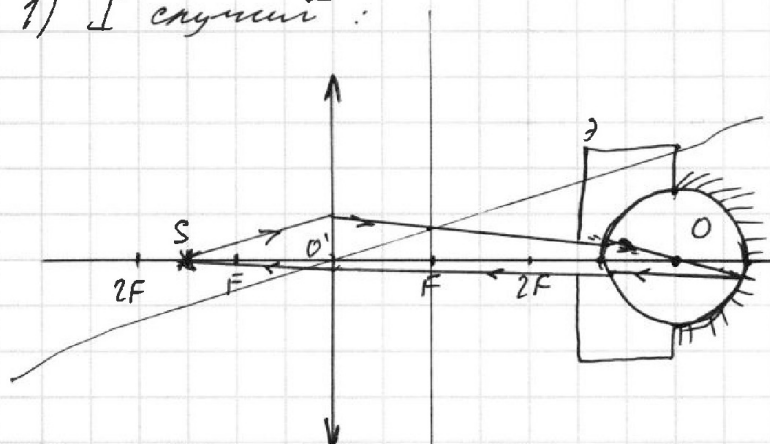
$$b = 8F/3$$

$$D = 2F$$

$$1) R = ?$$

$$2) n = ?$$

1) I случай:



$F_{\text{ш}} = \frac{R}{2}$ - фокус
сферы (задний
поверх)

$$l = \frac{8F}{3} + \frac{3R}{2} - \text{расст. между } F_{\text{ш}} \text{ и } O',$$

где O' - центр линзы

Фокус системы - фокус системы
линза - шар - линза:

сферическая поверхность

$$\frac{1}{F_{\text{сист}}} = \frac{1}{F} + \frac{1}{F_{\text{ш}} - l} + \frac{1}{F} = \frac{2}{F} + \frac{1}{\frac{R}{2} - \frac{8F}{3} + \frac{3R}{2}} = \frac{2}{F} + \frac{1}{\frac{8F}{3} - \frac{3R}{2}}$$

$$= \frac{2}{F} - \frac{3}{8F + 3R}; \quad \frac{2}{F} - \frac{6}{16F + 9R};$$

Форм-ла + линзы:

$$\frac{1}{F_{\text{сист}}} = \frac{1}{b} - \frac{1}{b_{\text{изобраз}}} \Rightarrow F_{\text{сист}} = 0 \Rightarrow \frac{2}{F} - \frac{6}{16F + 9R} = 0$$

$$16F + 9R - 3F = 0$$

$$\Rightarrow \frac{2}{F} - \frac{3}{8F + 3R} = 0 \Rightarrow 2(8F + 3R) = 3F \Rightarrow 16F + 6R = 3F \Rightarrow 13F = 9R \Rightarrow R = \frac{13}{9}F$$

2) II случай:

$$D_1 = 4 -$$

