



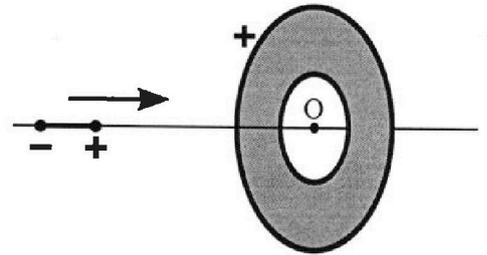
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

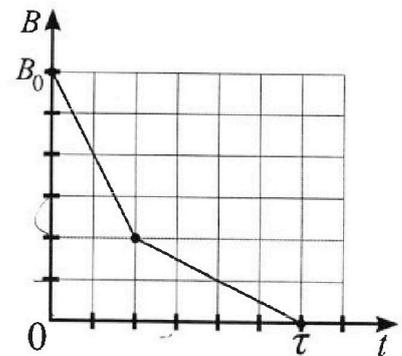
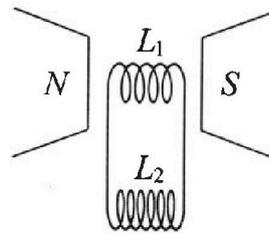
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

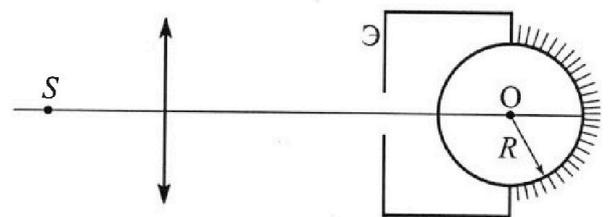
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек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



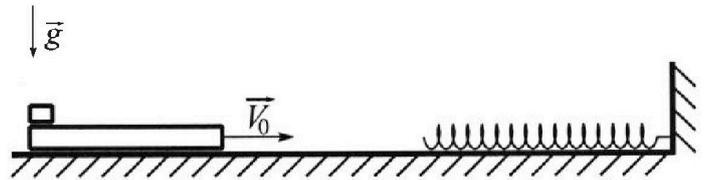
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

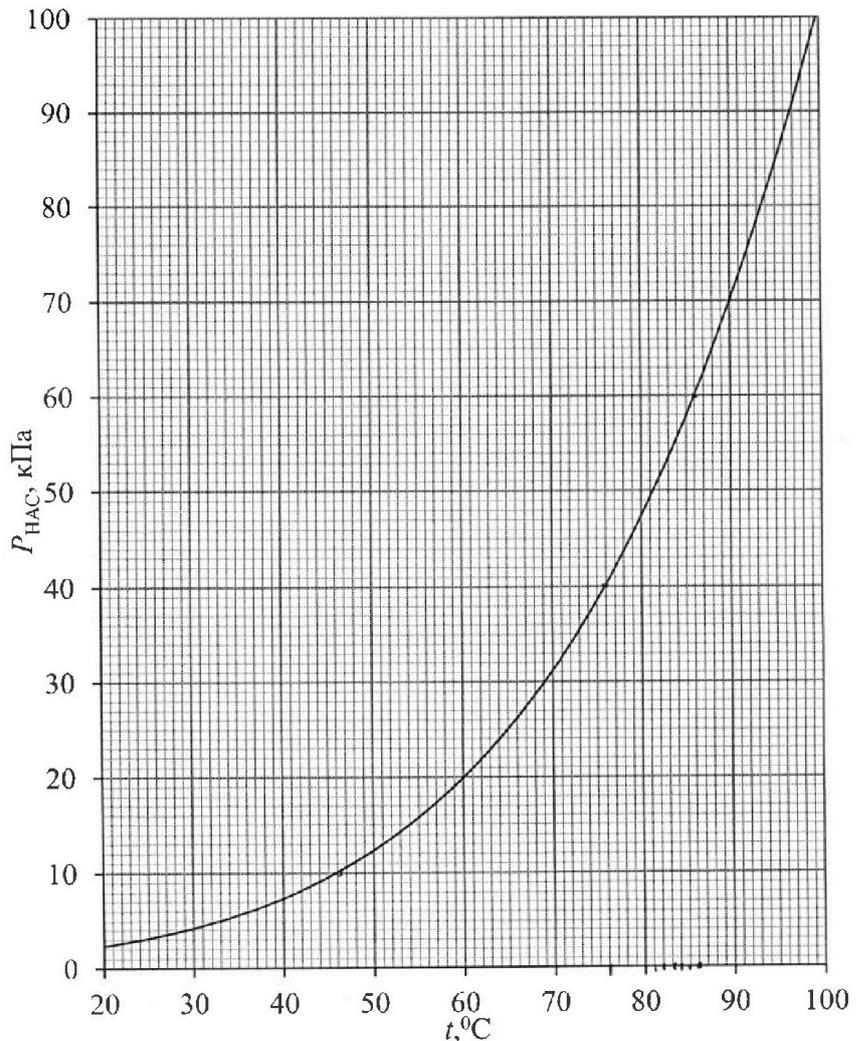


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

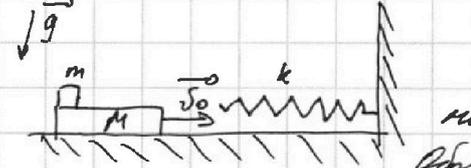
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

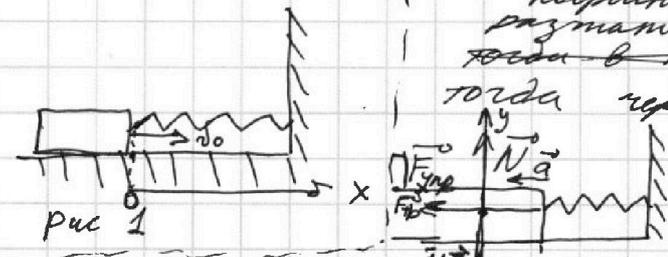
N1
Дано:
 $M = 2 \text{ кг}$
 $m = 1 \text{ кг}$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $k = 27 \text{ Н/м}$
 $\mu = 0,3$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\pi \approx 3$

Решение
 Δx_1 - статическая пружина в момент начала относительного движения бруска и доски
 Δt_1 - промежуток времени с момента статики пружины до начала относительного движения бруска и доски
 a_1 - ускорение доски в момент максимальной статики пружины.

- 1) Δx_1 - ?
- 2) Δt_1 - ?
- 3) a_2 - ?

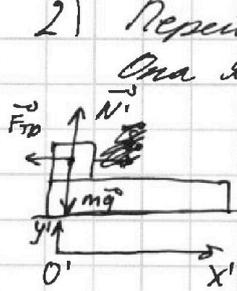


1) Применим II закон Ньютона для бруска после начала статики пружины; обозначим координатой O - как координат на конце полностью разжатой пружины (см рис 1), тогда через некоторое время:



III закон Ньютона:
 $M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{упр} + \vec{F}_{тр}$ (1)
 $Ox: -Ma = -F_{упр} + F_{тр} \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{F_{упр} - F_{тр}}{M}$ но $F_{упр} = kX \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{kX - F_{тр}}{M}$

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



2) Перейдем в систему отсчета связи с доской. Она явл неинерциальной $\Rightarrow F_{ин} = -m\vec{a}$ - сила инерции
 II закон Ньютона для бруска:
 $m\vec{a}' = m\vec{g} + \vec{N}' + \vec{F}_{тр}' + \vec{F}_{ин} = m\vec{g} + \vec{N}' - \vec{F}_{тр}' + \vec{E} - m\vec{a}$, (2)
 из III закона: $F_{тр}' = F_{тр}$
 $O'y': 0 = -mg + N' \Rightarrow N' = mg$
 $F_{тр}$ - сила трения

для случая, когда относительное движение только началось: $a' = 0$; $F_{тр} = \mu N' = \mu mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow O'x': 0 = -F_{тр} + ma \Rightarrow \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$
 но $a = \frac{k\Delta x_1 - \mu mg}{M} \Rightarrow \mu mg = \frac{k\Delta x_1 - \mu mg}{M} \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{\mu mg (M+m)}{k}$
 $\Delta x_1 = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot (2+1)}{27} = \frac{10}{9} \approx 1,11 \text{ м}$
 $(2\pi T) = \frac{2\pi}{27} = \frac{1}{3} \text{ м}$

3) Найдем время за которое пружина стала на Δx_1
~~из $Ma = kX - \mu mg$ и $a = \ddot{X} \Rightarrow$
 $\Rightarrow M\ddot{X} - kX = -\mu mg \Rightarrow \ddot{X} - \frac{k}{M}X = -\frac{\mu mg}{M}$ - однородное дифференциальное уравнение \Rightarrow
 \Rightarrow колебания двоятель гармоническим и $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$ где ω - 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 удлинение пружины
 φ_0 - начальная фаза.
 для момента времени $t=0: x=0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \sin(\omega t + \varphi_0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0;$

тогда $\delta(t) = \dot{x}(t) = X_m \omega \cos(\omega t)$, $X_m \omega = v_m$, 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 $\Delta t_1: x(\Delta t_1) = \Delta x_1 = \frac{2}{g} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \Delta x_1 = \frac{v_0}{\omega} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \Delta t_1\right)$; подставляем значения:
 $\frac{2}{g} = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{27}{2}}}{\sqrt{\frac{27}{2}}} \sin\sqrt{\frac{27}{2}} \Delta t_1 \Rightarrow \sin\sqrt{\frac{27}{2}} \Delta t_1 = \frac{\sqrt{2}}{27\sqrt{3}};$
 $\Delta t_1 = \sqrt{\frac{2}{27}} \cdot \arcsin \frac{\sqrt{2}}{27\sqrt{3}}$

используя формулу для доски:
 $M a = F_{упр} - F_{гп}' \Rightarrow$
 $\Rightarrow M a = k x - M m g$ для случая начала движения относительно доски
 но $a = \ddot{x}$, тогда:
 $M \ddot{x} - k x + M m g = 0$
 $\ddot{x} - \frac{k}{M} \left(x - \frac{M m g}{k}\right) = 0 \Rightarrow \left(x - \frac{M m g}{k}\right)'' - \frac{k}{M} \left(x - \frac{M m g}{k}\right) = 0$ - однородное уравнение II порядка
 \Rightarrow колебания гармонические $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{M}$
 $\Rightarrow x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{M m g}{k}$

3) Найдем время Δt_1 , за которое пружина сожмется на Δx_1 ;
 из (2): \ddot{x} в проекции на $O'x'$: $m a' = -F_{гп}' + m a$;
 тк до момента времени Δt_1 брусок не двигался \Rightarrow
 $\Rightarrow a' = 0 \Rightarrow F_{гп}' = m a$; тогда из (1) в проекции на Ox :
 $-M a = -F_{упр} + F_{гп}'$, где $F_{гп}' = F_{гп} = m g$ 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 дифференциальное уравнение II порядка \Rightarrow

\Rightarrow колебательный и $\omega^2 = \frac{k}{M+m}$; 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) ~~каждым~~ составим уравнение движения для после начала относительного движения бруска и диска:

$F_{тр} = F_{тр} = \mu mg = \text{const}$ - 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 $x - \frac{\mu mg}{k} = \varphi \Rightarrow$

~~$\cos\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right)$~~ $\Rightarrow \ddot{\varphi} - \frac{k}{M} \varphi = 0$ - однородное дифференциальное уравнение $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{M}$;

~~$\varphi(t) = \tau_m \sin(\omega t + \varphi_0')$~~ ; $\varphi(t) = \tau_m \sin(\omega t + \varphi_0')$; $\tau_m = X_m - \frac{\mu mg}{k}$;
 t' - время, при котором $x = X_m \Rightarrow \sin(\omega t' + \varphi_0') = 1$;

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

но $v_m = \tau_m \omega = v(\Delta t_1) = v_0 \cos(\omega t) = v_0 \left(\cos\left(\frac{\pi}{6}\right)\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \Rightarrow$

~~$a(t) = \ddot{\varphi}(t) = -\tau_m \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0')$~~ ;

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

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.

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!

N 2

Дано:

$$P_0 = 150 \text{ кПа}$$

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

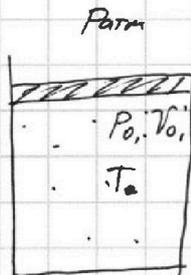
$$\varphi_0 = \frac{2}{3}$$

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

1) P_1 - ?

2) t^* - ?

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



Решение

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

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

$P_{\text{пар}} = \text{const}$ - давление, создав поршнем;

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

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

из закона Дальтона:

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

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

из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT; \quad \text{тогда}$$

$$P_{\text{сух}} = \frac{\nu_s RT}{V_s} \quad \text{и} \quad P_{\text{вп}} = \frac{\nu_v RT}{V_v} \quad (\text{до начала конденсации})$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{сух}} V_s = \nu_s RT \\ P_0 V = \nu_s RT \end{array} \right\} \Rightarrow P_{\text{одн}} = (\nu_v + \nu_s) \frac{RT}{V}$$

$$P_{\text{одн}} = \frac{(\nu_v + \nu_s) RT}{V} = P_0; \quad \nu_v + \nu_s = \text{const} \quad \text{до нач. конденс.}$$

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

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

$$P_0 = P_{\text{сух}} + P_{\text{нас}} = \frac{\nu_s RT_0}{V_0} = P_{\text{сух}0} = P_0 - P_{\text{вп}1} \Rightarrow P_0 = P_0 - P_{\text{вп}1} + P_{\text{нас}2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{нас}2} = P_{\text{вп}1} = P_1 = 40 \text{ кПа}; \quad \text{из граф. } t^* = 76^\circ \text{C};$$

3) В конце отобавления:

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

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

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{сух}3} V = \nu_s RT_3 \\ P_{\text{сух}1} V_0 = \nu_s RT_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_{\text{сух}3} V}{P_{\text{сух}1} V_0} = \frac{T_3}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T_3}{T_0} \cdot \frac{P_{\text{сух}1}}{P_{\text{сух}3}} = \frac{46+273}{86+273} \cdot \frac{110}{140} =$$

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

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!

$$\sqrt{a_{\max}} - \sqrt{a_{\min}} = 2\sqrt{0} - \sqrt{a} = 2\sqrt{0} - \frac{\sqrt{0}(2-\sqrt{2})}{2} = \frac{\sqrt{0}\sqrt{2}}{2},$$

Ответ: $\sqrt{a} = \frac{\sqrt{0}(2-\sqrt{2})}{2}$; $\sqrt{a_{\max}} - \sqrt{a_{\min}} = \frac{\sqrt{0}\sqrt{2}}{2}$

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

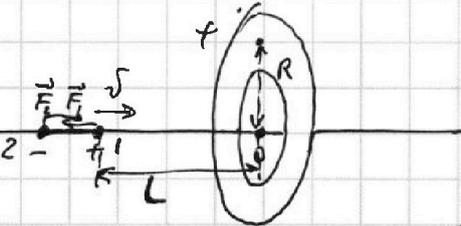
Дано:

$$v_{\min} = v_0$$

$$v = 2v_0$$

1) $v_y = ?$

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



Решение

q - заряд на диноле
 Q - заряд динолы (средней)
 R - радиус динолы (внешней)
 ~~r - радиус динолы (внутренней)~~
 l - расстояние от центра динолы до заряда
 m - масса шарика
 q_1 - заряд шарика

сила Кулона, действующая на шарик

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

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

Аналог

$$F_2 = k \frac{q_1 Q}{\sqrt{(L+l)^2 + R^2}}$$

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

- сила, действующая на динолу

1) при $v = v_{\min} = v_0$:

пусть $L + \frac{l}{2}$ пройден за t и $v' = 0$ - скорость v уменьшилась \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 $v = 2v_0$:

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

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

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

$$\frac{1}{2} = 2 \frac{2v_0 - v_y}{v_0} - \frac{(2v_0 - v_y)^2}{v_0^2};$$

пусть $\frac{2v_0 - v_y}{v_0} = b \Rightarrow b = 2 - \frac{v_y}{v_0}$

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

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

$$\Rightarrow 2 - \frac{v_y}{v_0} = 1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2}; \frac{v_y}{v_0} = 1 \pm \frac{\sqrt{2}}{2};$$

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!

NY

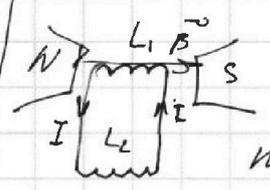
Дано:

$$L_1 = L; n; S; B_0$$

$$L_2 = 4L; \tau$$

1) $I_0 = ?$

2) $q = ?$



Решение

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

по 3 Фарадеи:

тогда ЭДС индукции возникнет в обоих витках $|E_s| = \left| -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$; $\Delta \Phi = S \cdot \Delta B$; \Rightarrow

$$E_{\text{обш}_1} = n \cdot |E_s| = n \cdot S \cdot \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|;$$

$$E_{\text{обш}_1} = n \cdot S \cdot \left| \frac{B_0 - \frac{2}{3} B_0}{\frac{2}{6} \tau} \right| = n \cdot S \cdot \frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{3}{\tau} = \frac{2nS \cdot B_0}{\tau} \quad \text{ЭДС индукции}$$

при $t \in [0; \frac{1}{3}\tau]$;

$$E_{\text{обш}_2} = n \cdot S \cdot \left| \frac{\frac{1}{3} B_0 - 0}{\frac{2}{3} \tau} \right| = \frac{nS \cdot B_0}{2\tau} \quad \text{ЭДС индукции}$$

при $t \in [\frac{1}{3}\tau; \tau]$;

Для катушек:

В τ при изменении тока в катушке возник

ЭДС самоиндукции:

$$|E_{\text{ис}_1}| = L_1 \left| \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} \right|;$$

$$|E_{\text{ис}_2}| = L_2 \left| \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} \right|;$$

$E_{\text{обш}}$ равно по $|E_{\text{ис}_1}|$ и $|E_{\text{ис}_2}| \Rightarrow$

\Rightarrow для конца выполнения:

$$E_{\text{обш}_1} = L \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} + 4L \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} \quad \text{где } \Delta I_1 - \text{измен тока при } t \in (0; \frac{1}{3}\tau)$$

и $\Delta t_1 = \frac{1}{3}\tau \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{2nS \cdot B_0}{\tau} = 5L \frac{\Delta I_1}{\frac{1}{3}\tau} = \frac{15L \Delta I_1}{\tau} \Rightarrow \Delta I_1 = \frac{2nS \cdot B_0}{15L}$$

$$E_{\text{обш}_2} = L \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} + 4L \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} \quad \text{где } \Delta I_2 - \text{измен тока при } t \in (\frac{1}{3}\tau; \tau)$$

$\Delta t_2 = \frac{2}{3}\tau \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{nS \cdot B_0}{2\tau} = 5L \frac{\Delta I_2}{\frac{2}{3}\tau} \Rightarrow \Delta I_2 = \frac{nS \cdot B_0}{15L};$$

$$I_0 = \Delta I_1 + \Delta I_2 = \frac{2nS \cdot B_0}{15L} + \frac{nS \cdot B_0}{15L} = \frac{3nS \cdot B_0}{15L} = \frac{nS \cdot B_0}{5L}$$

2) $q = q_1 + q_2$; $q_1 = \Delta I_1 \cdot \Delta t_1$; $q_2 = \Delta I_2 \cdot \Delta t_2 \Rightarrow$

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

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



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.

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!

N5

Дано:

$$a = 1,5F$$

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

$$d = 2F$$

1) К-?

2) n-?

1) I случай:

~~Тк изобразил попарно в ту же точку F и ∞~~

~~и система работает как плоское зеркало~~

Формула тонкой линзы без учета шара:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}, \text{ где } f - \text{ точка куда попадает луч изобразил}$$

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

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

Тк изобразил попад в источник при любом n (показ прелом вещества в шаре) \Rightarrow пусть $n_1 = 1$

Ф-ла сферич зрелит:

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

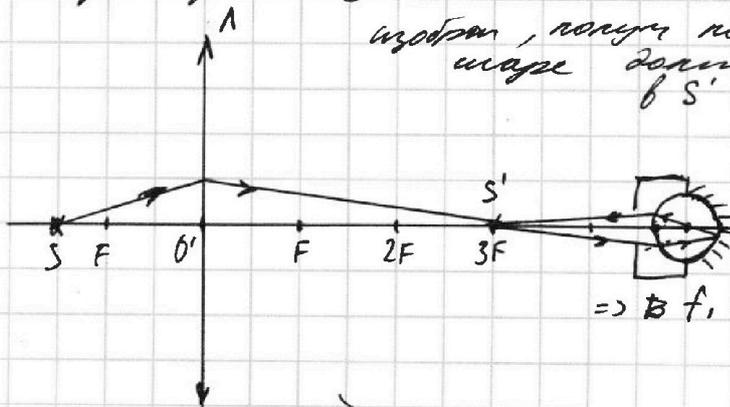
$a' = b'$ тк изобразил S'' должно попасть в S' (в силу обратн лучей изобразил S'' попад в $S \Rightarrow S''$ должно совпадать с S'),

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

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

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

изобразил, лучи после отражения в шаре должны попадать на S' \Rightarrow расст системы из шара и S' отдельно



S' находится на расст f_1 от S и шар

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



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 θ отклоняется на малый угол α ; $\alpha \leq 15^\circ$

т.к. α - малый \Rightarrow

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

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

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_1'' - расклоненное изображение для сферического зеркала;

$$BC = AB \cdot \operatorname{tg} \alpha = AB \cdot \alpha$$

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

$$BC = AC \sin \alpha = \sqrt{AB^2 + BC^2} \sin \alpha$$

$$BC^2 = AB^2 \sin^2 \alpha + BC^2 \sin^2 \alpha$$

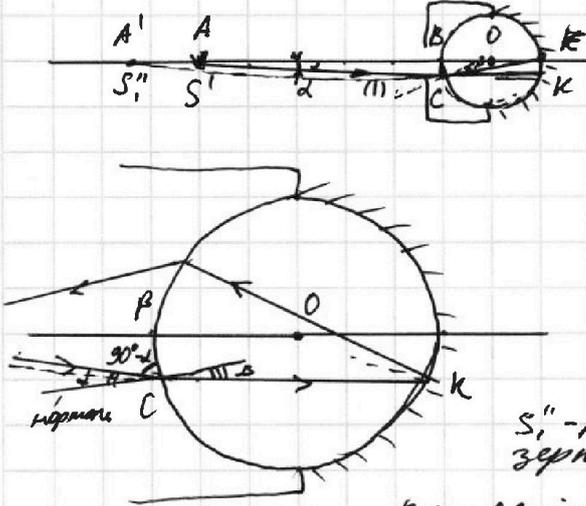
$$\Rightarrow AB^2 \alpha^2 = BC^2 (1 - \alpha^2) \Rightarrow BC = AB \frac{\alpha}{\sqrt{1 - \alpha^2}} = \frac{5F \alpha}{3 \sqrt{1 - \alpha^2}}$$

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

Для зеркала:

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

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





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!

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

$$\mu g R = \mu m g \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1 \cdot 0,9 \cdot 10}{2,7} = \frac{1}{3}$$

$$P_{\text{max}}^* = \frac{\sqrt{3} R (T^* + 273)}{\sqrt{V}'} = P_0 - P_c';$$

$$P_c' = \frac{\nu_0 R T}{\sqrt{V}'}; \quad \nu_0 R T = P_c V_0 = (P_0 - P) V_0 \Rightarrow$$

\Rightarrow

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

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

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

$$\begin{array}{r} - 3197 \\ 2819 \\ \hline 5919 \end{array}$$



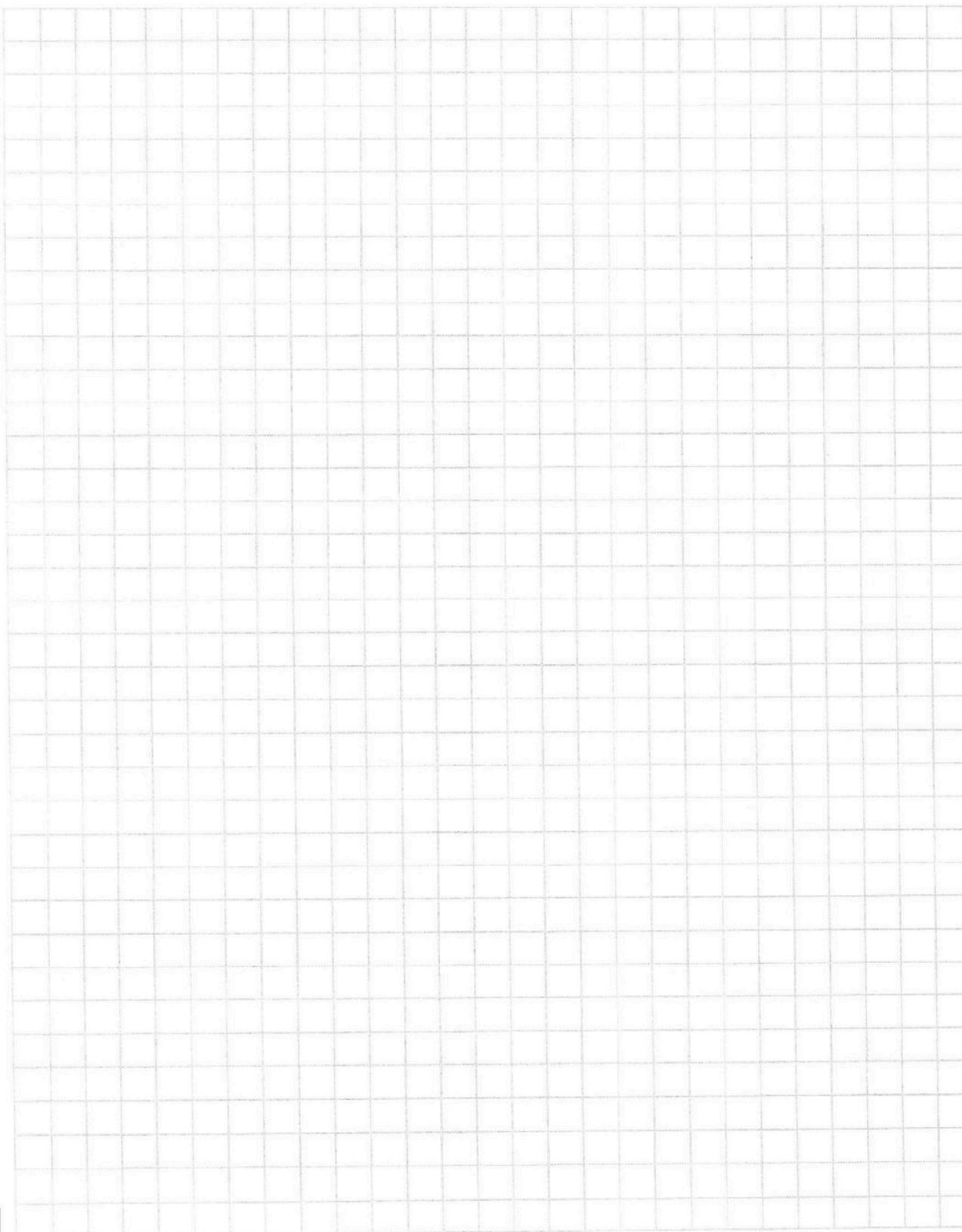


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<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
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!

№ Дано:

$$a = 1,5F$$

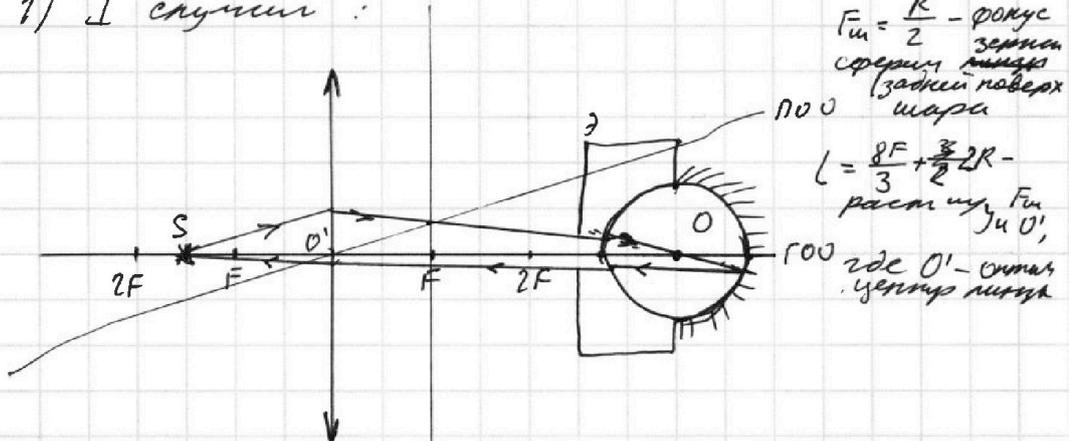
$$b = 8F/3$$

$$d = 2F$$

$$1) R = ?$$

$$2) n = ?$$

1) I случай:



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

$$l = \frac{8F}{3} + \frac{3R}{2}$$

расст. между $F_{ш}$ и O'

где O' - центр
второй линзы

Фокусная - фокус системы
линза - шар - линза: экран плоскости

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

$$= \frac{2}{F} - \frac{2}{R + 4F} = \frac{2(R + 4F) - 2(R + 4F)}{F(R + 4F)}$$

Форм-ла + линзы:

$$\frac{1}{F_{сист}} = \frac{1}{b} - \frac{1}{b_{изобр}} \Rightarrow F_{сист} = 0 \Rightarrow \frac{2}{F} - \frac{2}{R + 4F} = 0$$

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

$$\Rightarrow \frac{2}{F} - \frac{2}{R + 4F} = 0 \Rightarrow 2(R + 4F) = 2F \Rightarrow R + 4F = F \Rightarrow R = -3F$$

2) II случай:

$$D_1 = 4$$

