



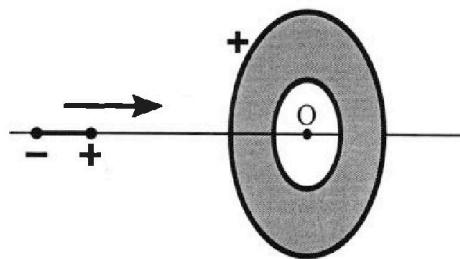
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-01

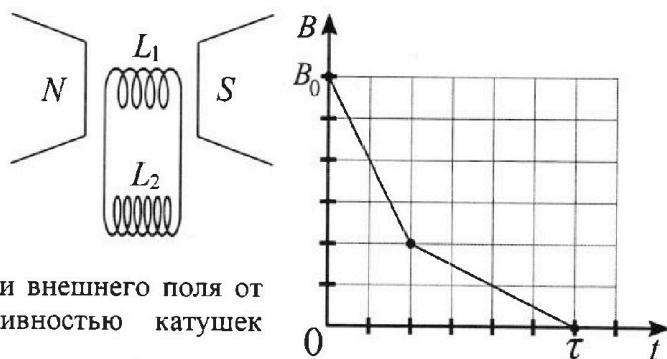
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $2V_0$.



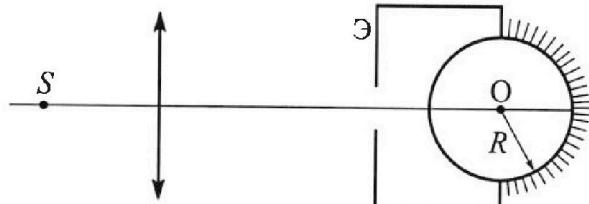
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , удалённый 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.

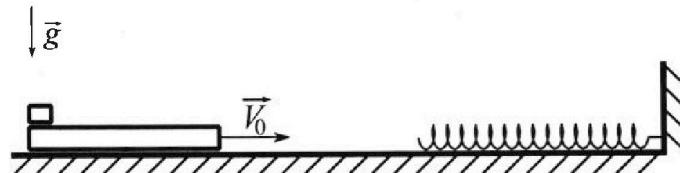
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран \mathcal{E} обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

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 брускок 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.

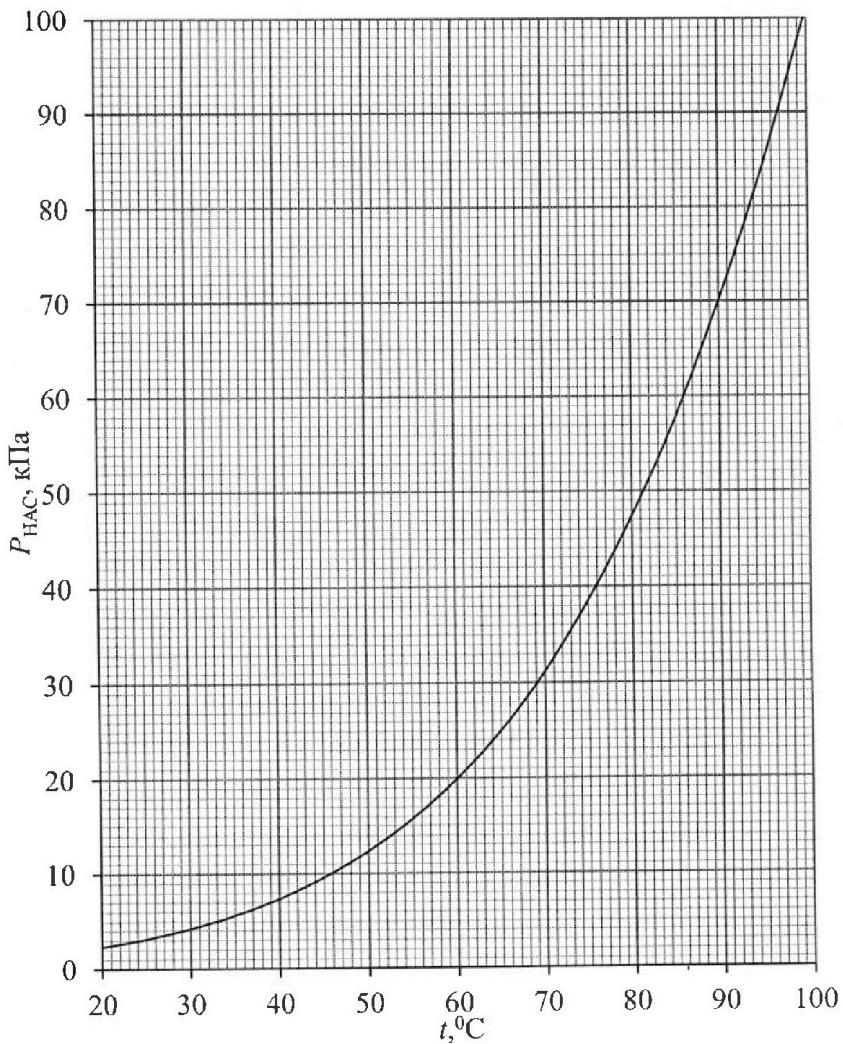


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\phi_0 = 2/3$ (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.

Объём м. жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.

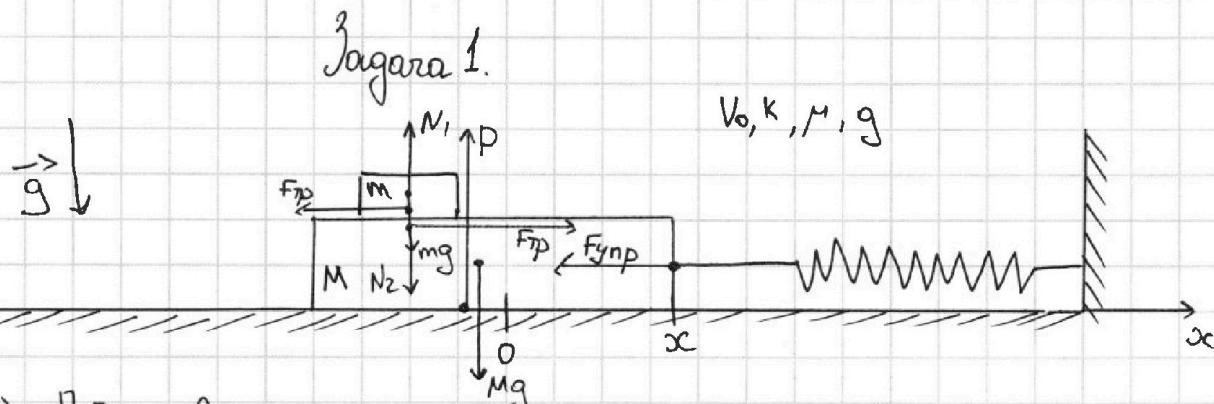


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

СТРАНИЦА
1 из 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!



1). Поймен в какой момент начнется относительное движение бруска. Введем горизонтальную ось x с началом в точке, удаленной от стены на расстояние равное длине нерастянутой пружины. В ходе решения будем следить за передним концом доски. Нулевым моментом выберем момент соприкосновения с пружиной ($x(0) = 0$)

(доска длинная \Rightarrow груз не съедет с доски)

Рассмотрим силы на доску и на брускок.

Условия равновесия на вертикальные оси: доска: $Mg + N_2 = P$

груз: $mg = N_1$ по третьему закону Ньютона $N_1 = N_2$

Пр скольжения начнется в момент когда сила трения не сможет поддерживать одинаковое ускорение доски и бруска:

Второй закон Ньютона ось x : $Ma_x = F_{tp} - F_{upr}$; $ma_x = -F_{mp}$
 $a_x = \frac{F_{tp} - F_{upr}}{M} = -\frac{F_{tp}}{m} \Rightarrow F_{upr} = M \left(\frac{F_{tp}}{M} + \frac{F_{tp}}{m} \right)$

$F_{upr} = kx$, по закону

$$kx_m = F_{tp} \left(1 + \frac{M}{m} \right)$$

Гуска

Хм-скатие в момент начала проскальзывания

в момент начала проскальзывания сила трения достигает величины силы трения скольжения $F_{tp} = \mu N_1 = \mu N_2$

$$F_{tp} = \mu mg$$



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.

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

$$kx_m = \mu mg \left(1 + \frac{M}{m}\right) = \mu g(m+M) \quad X_m = \frac{\mu g}{k} (m+M) = \frac{0,3 \cdot 10}{27} \cdot 3 = \frac{3 \cdot 3}{27} = \frac{1}{3} m$$

$$\downarrow x_m = \frac{1}{3} m$$

2) До момента начала проскальзывания доску и брусков можно считать единой системой \Rightarrow они будут двигаться по закону гармонических колебаний.

Для системы доска + брусков запишем второй закон Ньютона:

$$(m+M) \cdot a_x = -F_{ynp} = -kx \quad (m+M) \cdot \ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m+M} x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}} \leftarrow \text{циклическая частота}$$

Начальные условия $x(0) = 0 \quad \dot{x}(0) = V_0$ Найдем решение дифф. уравн. в виде:

$$x = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \quad x(0) = B = 0$$

$$\dot{x}(0) = Aw \cos(\omega t) = Aw = V_0 \quad A = \frac{V_0}{\omega} \Rightarrow x = V_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right)$$

Для нахождения времени подставим x_m в уравнение:

$$\frac{mg}{k} = V_0 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right) \Rightarrow \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot t\right) = \frac{mg}{V_0} \sqrt{\frac{m+M}{k}}$$

$$t = \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \arcsin\left(\frac{mg}{V_0} \sqrt{\frac{m+M}{k}}\right)$$

$$t = \sqrt{\frac{2+1}{27}} \arcsin\left(\frac{0,3 \cdot 10}{2} \sqrt{\frac{2+1}{27}}\right) = \frac{1}{3} \arcsin\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3}\right) = \frac{1}{3} \arcsin\left(\frac{1}{2}\right) = \\ = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{18} \approx \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}$$

3) Найдем ускорение в момент максимального сжатия пружины

Найдем скорость в момент начала проскальзывания:

$$\dot{x} = V_0 \cos(\omega t) \quad \dot{x}(+x_m) = V_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot \frac{\pi}{6}\right) = V_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot \frac{\pi}{18}\right) = \\ = V_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{27}{1+2}} \cdot \frac{\pi}{18}\right) = V_0 \cdot \cos\left(\frac{3\pi}{18}\right) = V_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 = V_{xm}$$



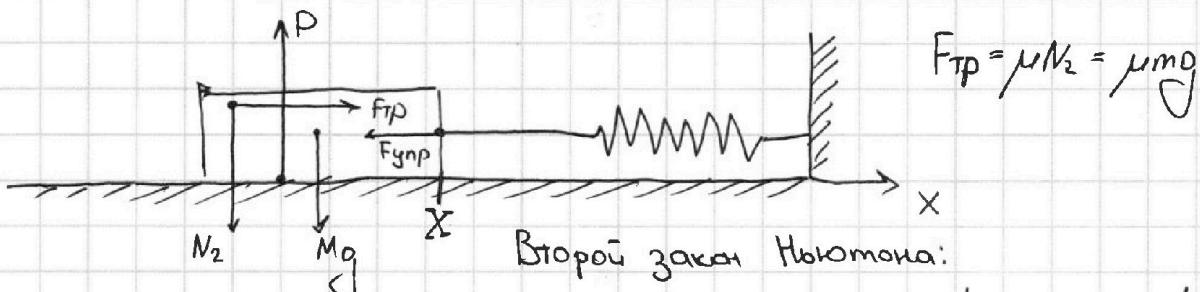
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Т.к. скорость в момент начала проскальзывания больше нуля пружина продолжит сжиматься \Rightarrow на доску продолжит действовать сила трения скольжения. \Rightarrow теперь запишем гармонические колебания с постоянной внешней силой.



Второй закон Ньютона:

$$M\ddot{x} = F_{Tp} - F_{yp} \quad M\ddot{x} = \mu mg - kx \quad \ddot{x} + \frac{k}{M}x = \mu mg \cdot \frac{1}{M}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}\left(x - \mu mg \cdot \frac{1}{k}\right) = 0 \quad \left(x - \frac{\mu mg}{k}\right) + \frac{k}{M}\left(x - \frac{\mu mg}{k}\right) = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad x - \frac{\mu mg}{k} = A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

$$x = \frac{\mu mg}{k} + A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad x(0) = x_m = \frac{Mg}{k}(m+M)$$

$$\dot{x}(0) = V_{x_m} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

$$x(0) = \frac{Mmg}{k} + B = \frac{Mg}{k}(M+m) \quad B = \frac{\mu Mg}{k}$$

$$\dot{x}(0) = Aw \cos \omega t - Bw \sin \omega t = Aw = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \quad A = \frac{\sqrt{3} V_0}{2w}$$

$$x = \frac{Mmg}{k} + \frac{\sqrt{3} V_0}{2w} \sin \omega t + \frac{\mu Mg}{k} \cos \omega t \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{Mmg}{k \sqrt{3} V_0} \cdot 2w$$

$$x = \frac{\mu mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} V_0}{2w}\right)^2 + \left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2} \sin(\omega t + \beta)$$

$$\Rightarrow \max x = \frac{\mu mg}{k} + \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} V_0}{2w}\right)^2 + \left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2} \quad M_{\max} = \mu mg - F_{yp} = \mu mg - kx$$

$$|M_{\max}| = \mu mg + \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} V_0}{2w}\right)^2 + \left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2} \cdot k - \mu mg$$

$$a_x = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} V_0}{2w}\right)^2 + \left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2} \cdot \frac{k}{M} = \sqrt{\frac{3 V_0^2 k}{4 w^2} + \frac{(\mu Mg)^2}{M^2}} = \sqrt{\frac{3 k}{4 M} \frac{V_0^2}{w^2} + \frac{(\mu Mg)^2}{M^2}}$$

$$a_x = \sqrt{\frac{3 \cdot 24}{4} \cdot \frac{2}{2} + \frac{(0,3 \cdot 1,16)^2}{4}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 24}{2} + \frac{9}{4}} = \sqrt{\frac{162 + 9}{4}}$$



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
7 из 7

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

Решение:

1) $x_m = \frac{1}{3} M = \frac{\mu g}{k} (m+M)$

2) $t = \frac{1}{6} c = \sqrt{\frac{m+M}{k}} \arcsin\left(\frac{\mu g}{V_0} \sqrt{\frac{m+M}{k}}\right)$

3) $a = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} V_0}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}\right)^2 + \left(\frac{\mu M g}{k}\right)^2} \cdot \frac{k}{M} = 3\sqrt{19} \frac{M}{c^2}$

~~293~~
~~66~~
~~350~~

~~293~~
~~66~~
~~350~~

~~293~~
~~66~~
~~350~~

~~293~~
~~66~~
~~350~~

~~293~~
~~66~~
~~350~~

~~319~~
~~319~~
~~319~~

~~319~~
~~319~~
~~319~~

~~293~~
~~66~~
~~350~~



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.

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

Задача 2.

$$P_0 = 150 \text{ kPa}, \quad t_0 = 86^\circ\text{C} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{2}{3} \quad t = 46^\circ$$

$$1) \quad \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{насыщ пара}}} = \varphi \quad P_{\text{насыщ}}(t_0) = 60 \text{ kPa} \quad P_1 = P_{\text{пара}} = \varphi_0 \cdot P_{\text{насыщ}}(t_0) = \frac{2}{3} \cdot 60 = \\ (\text{из графика}) \quad = 40 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{пара}} = 40 \text{ kPa} = P_1$$

$$P_{\text{пара}} = P_1$$

2) из условия под поршнем сухой воздух + пар. Тк содержащее находится под поршнем \Rightarrow давление внутри $P_{\text{in}} = \text{const} = P_0$

конденсация начнется когда парциальное давление пара станет равно давлению насыщенного пара при текущей температуре.

$$P_0 = P_{\text{пара}} + P_{\text{св}}$$

Запишем уравнение Менделеева - Капейрона для пара и для сухого воздуха.

$$P_0 V_0 = (P_{\text{пара}} + P_{\text{св}}) R \cdot t_0$$

$$P_{\text{пара}} V_0 = P_{\text{пара}} R t_0 \quad P_{\text{св}} V_0 = P_{\text{св}} R t_0 = (P_0 - P_{\text{пара}}) V_0$$

$$\frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{св}}} = \frac{P_{\text{пара}}}{P_0 - P_{\text{пара}}} \quad P_{\text{св}} = P_{\text{пара}} \left(\frac{P_0}{P_{\text{пара}}} - 1 \right) = P_{\text{пара}} \left(\frac{150}{40} - 1 \right) =$$

$$= P_{\text{пара}} \cdot \frac{11}{4} = \frac{11}{4} P_{\text{пара}} = P_{\text{св}}$$

до начала конденсации:

$$\frac{V}{t} = \text{const} = \frac{V_0}{t_0}$$

$$P_{\text{св}} = P_{\text{пара}} \frac{R t}{V} = \text{const}$$

$$\Rightarrow P_{\text{св}} = \text{const} = P_0 - P_{\text{пара}}$$

$$P_{\text{св}} + P_{\text{насыщ}}(t) = P_0 \quad (\text{для точки конца конденс})$$

$$\Rightarrow P_{\text{насыщ}}(t^*) = P_{\text{пара}} = 40 \text{ kPa} \quad \text{из графика} \quad t^* = 76^\circ\text{C}$$

3) $\frac{V}{V_0} = ?$ после достижения t^* конденсация будет продолжаться пока весь пар не сконденсируется (момент полного сжатия) \Rightarrow

затем пар будет оставаться насыщенным.



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

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

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. Ничто QR-кода недопустимо!

$$p_{\text{рас}}(t=46^\circ) = 10 \text{ kPa} \quad \text{т.к.} \quad p_{\text{пара}} + p_{\text{св}} = p_0 \quad 0^\circ C = 273 K$$

$\Rightarrow p_{\text{св}} = p_0 - p_{\text{рас}}(t)$ для сухого воздуха записем Менделеева - Клапейрона:

$$(p_0 - p_{\text{рас}}(t)) \cdot V_0 = \gamma_{\text{св}} R t_0 \quad (p_0 - p_{\text{рас}}(t)) \cdot V = \gamma_{\text{св}} R t$$

$$\Rightarrow \frac{(p_0 - p_{\text{рас}}(t))V}{(p_0 - p_{\text{пара}})V_0} = \frac{t}{t_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \left(\frac{p_0 - p_{\text{пара}}}{p_0 - p_{\text{рас}}(t)} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{273+46}{273+86} \cdot \frac{150-40}{150-10} = \frac{319}{359} \cdot \frac{110}{140} = \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 14} = \frac{3509}{5026}$$

Ответ: 1) $P_i = 40 \text{ kPa}$; 2) $t^* = 76^\circ C$; 3) $\frac{V}{V_0} = \frac{t}{t_0} \cdot \left(\frac{p_0 - P_i}{p_0 - p_{\text{рас}}(t)} \right) = \frac{3509}{5026}$



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.

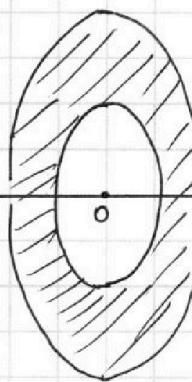
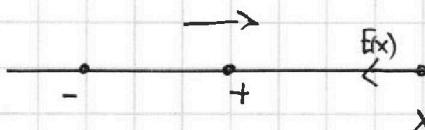
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

Задача 3.

$E(x)$ - модуль напряженности от x



$\varphi_{\infty} = 0$
масса диполя m

O - начало координат

1) Потенциал от точечного заряда: $\varphi = \frac{kQ}{R}$ Q - величина заряда
 R - расстояние до
силы от ~~точечного~~ точечного (удельная сила) (напряженность) него.

$$F = F_{\text{дип}} = \frac{kQ}{R^2} \Rightarrow \text{чем ближе пробный заряд к точечному тем больше силы:}$$

Запишем закон сохранения энергии для диполя если его длина l , а x - координата ~~небольшого заряда диполя~~ центра диполя.

~~$E_{\text{кин}}(x) + q \cdot \varphi(x) - q \cdot (\varphi(x) - \varphi_0) = \text{const} = E_0$~~

~~$\text{или } x \rightarrow \infty \quad \varphi(x) \rightarrow 0 \Rightarrow E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$~~

~~позвороту заслону Ньютона вправо~~

~~$mv_0^2/2 = q \cdot E(x + \frac{l}{2}) + q \cdot E(x - \frac{l}{2}) = q(E(x + \frac{l}{2}) + E(x - \frac{l}{2}))$~~

~~$mv_0^2/2 = q \cdot E(x + \frac{l}{2}) - q \cdot E(x - \frac{l}{2}) = q(E(x + \frac{l}{2}) - E(x - \frac{l}{2}))$~~

~~чем дальше от начала координат тем~~

~~эта разность меньше так~~ $\frac{\Delta E_x}{\Delta x} \sim x$

$$E_{\text{кин}}(x) + q \cdot \varphi(x + \frac{l}{2}) - q \cdot \varphi(x - \frac{l}{2}) = \text{const} = E_0 = E_{\text{кин}}(x \rightarrow \infty) = \frac{mv_0^2}{2}$$

~~но второму закону Ньютона:~~

$$mv_0^2/2 = q \cdot E(x + \frac{l}{2}) - q \cdot E(x - \frac{l}{2}) = q(E(x + \frac{l}{2}) - E(x - \frac{l}{2}))$$



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.

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

$$\max = q \left(F\left(x + \frac{e}{2}\right)_x - F\left(x - \frac{e}{2}\right)_x \right)$$

тем дальше от начала координат тем эта разность меньше т.к. $\frac{\Delta F_x}{\Delta x} \sim \frac{1}{x}$

\Rightarrow ~~движение вбок ускорение против~~

~~движение вправо~~ ~~движение влево~~ ~~движение вправо~~ ~~движение влево~~ ~~нормальная~~ ~~против~~

при $x < 0$ т.к поле симметрично $F(x) = -F(-x)$ в проекции на ось x

$$\text{при } x < -\frac{e}{2} \quad |x - \frac{e}{2}| > |x + \frac{e}{2}| \Rightarrow |F(x - \frac{e}{2})| < |F(x + \frac{e}{2})|$$

но они обе направлены против $x \Rightarrow$ ускорение против оси x

$$\text{при } x > \frac{e}{2} \quad |x + \frac{e}{2}| > |x - \frac{e}{2}| \Rightarrow |F(x - \frac{e}{2})| > |F(x + \frac{e}{2})|$$

но по оси \Rightarrow ускорение отрицательно

$$\text{при } x \in [-\frac{e}{2}, 0] \quad |x - \frac{e}{2}| \geq |x + \frac{e}{2}| \Rightarrow |F(x - \frac{e}{2})| < |F(x + \frac{e}{2})|$$

\Rightarrow ускорение положительно на x против x но x

$$\text{при } x \in [0, \frac{e}{2}] \quad |x - \frac{e}{2}| \leq |x + \frac{e}{2}| \Rightarrow |F(x - \frac{e}{2})| \geq |F(x + \frac{e}{2})|$$

\Rightarrow ускорение по положению против x но x

\Rightarrow Ускорение:

$$x \in (-\infty, -\frac{e}{2}) \quad a_x < 0$$

$$x \in (-\frac{e}{2}, \frac{e}{2}) \quad a_x > 0$$

$$x \in (\frac{e}{2}, +\infty) \quad a_x < 0$$

\Rightarrow минимальная скорость соответствует общему

скорости при $x = -\frac{e}{2}$

$$\text{т.к. } F(x) = -F(-x) \Rightarrow \varphi(x) = \varphi(-x)$$

$$1) \exists C \exists \text{ для тундра: } \frac{m(2v_0)^2}{2} + 0 = \frac{mv^2}{2} + \underbrace{\left(q \cdot \varphi(\frac{e}{2}) - q \cdot \varphi(-\frac{e}{2}) \right)}_{0}$$

$$\Rightarrow V^2 = (2v_0)^2 \quad V = 2v_0$$

2) для находящий разности мин и макс! поменяй что
 V_{\min} при $x = -\frac{e}{2}$ (изменение знака уск с - на +) а V_{\max} при $x = \frac{e}{2}$ (с + на -)



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.

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

необходимая для пролета
т.к. минимальная скорость соответствует общему при
 $x = -\frac{e}{2}$ запасу ЗСЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} + 0 = 0 + q \cdot \varphi(0) - q(\varphi(-e))$$

$$\Rightarrow \varphi(0) - \varphi(-e) = \frac{mV_0^2}{2q} \quad ! \varphi(e) = \varphi(-e) !$$

ЗСЭ для минимальной скорости при пролете: $x = -\frac{e}{2}$

$$m \cdot \frac{(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{m V_{min}^2}{2} + q(\varphi(0)) - q(\varphi(-e)) = \frac{m V_{min}^2}{2} + \frac{m V_0^2}{2}$$

$$V_{min}^2 = 3V_0^2 \quad V_{min} = \sqrt{3} V_0$$

ЗСЭ для максимальной скорости при пролете: $x = \frac{e}{2}$

$$m \cdot \frac{(2V_0)^2}{2} + 0 = \frac{m V_{max}^2}{2} + q \cdot \varphi(e) - q \cdot \varphi(0) = \frac{m V_{max}^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2}$$

$$V_{max}^2 = 5V_0^2 \quad V_{max} = \sqrt{5} V_0 \Rightarrow \Delta V = V_{max} - V_{min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) V_0$$

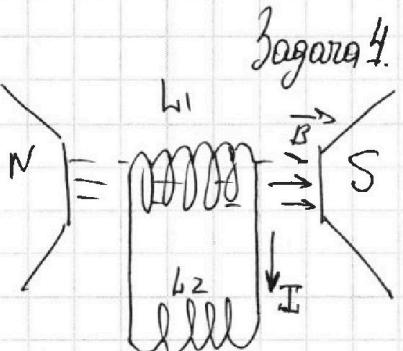
Ответ: 1) $V = 2V_0$; 2) $\Delta V = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) V_0$

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.

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

СТРАНИЦА
1 из 1

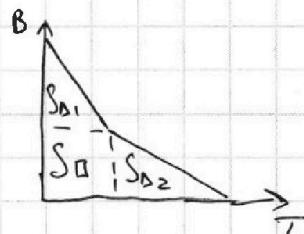
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Задача 4.

$$L_1 = L \quad n, S_1$$

$$L_2 = L \quad n$$



Запишем второе правило
Кирхгофа для контура:

$$E_{\text{наг}} = U_1 + U_2 = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} \quad E_{\text{наг}} = - \frac{d\Phi}{dt} = \cancel{\text{изображение}}$$

$$E_{\text{наг}} = - (B \cdot S) = - n \cdot S_1 \cdot \frac{dB}{dt}$$

$$- nS_1 \frac{dB}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \Rightarrow \int - nS_1 dB = \int (L_1 + L_2) dI$$

$$- nS_1 (B_k - B_0) = (L_1 + L_2) (I - 0) \quad B_k - \text{конечная индукция поля}$$

$$nS_1 (B_0 - B_k) = (L_1 + L_2) \cdot I$$

1) В конце включения $B_k = 0$

$$nS_1 B_0 = I_0 (L_1 + L_2) \quad I_0 = \frac{nS_1 B_0}{L_1 + L_2} = \frac{nS_1 B_0}{5L} = I_0$$

$$2) I = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_0 - B_k) \quad dq = Idt$$

$$Idt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_0 - B_k) dt = dq \quad q = \int \frac{nS_1}{L_1 + L_2} (B_0 - B_k) dt = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \int (B_0 - B_k) dt$$

$$q = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \cdot \left(\int B_0 dt - \int B_k dt \right) \quad \text{Запишем что } \int B_k dt \text{ пропорционально}$$

площади под графиком

$$S_{D1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{I}{3} \cdot \frac{B_0 \cdot 2}{3} = \frac{B_0 I}{9} \quad S_{D2} = \frac{B_0 \cdot I}{3} = \frac{B_0 I}{9} \quad S_{D3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0 \cdot 2I}{3} = \frac{B_0 I}{9}$$

$$S = S_{D1} + S_{D2} + S_{D3} = \frac{3B_0 I}{9} = \frac{B_0 I}{3} \quad \int B_0 dt = B_0 I$$

$$\Rightarrow q = \frac{nS_1}{L_1 + L_2} \left(B_0 I - \frac{B_0 I}{3} \right) = \frac{nS_1}{5L} \cdot \frac{2B_0 I}{3} = \frac{2B_0 I nS_1}{15L}$$

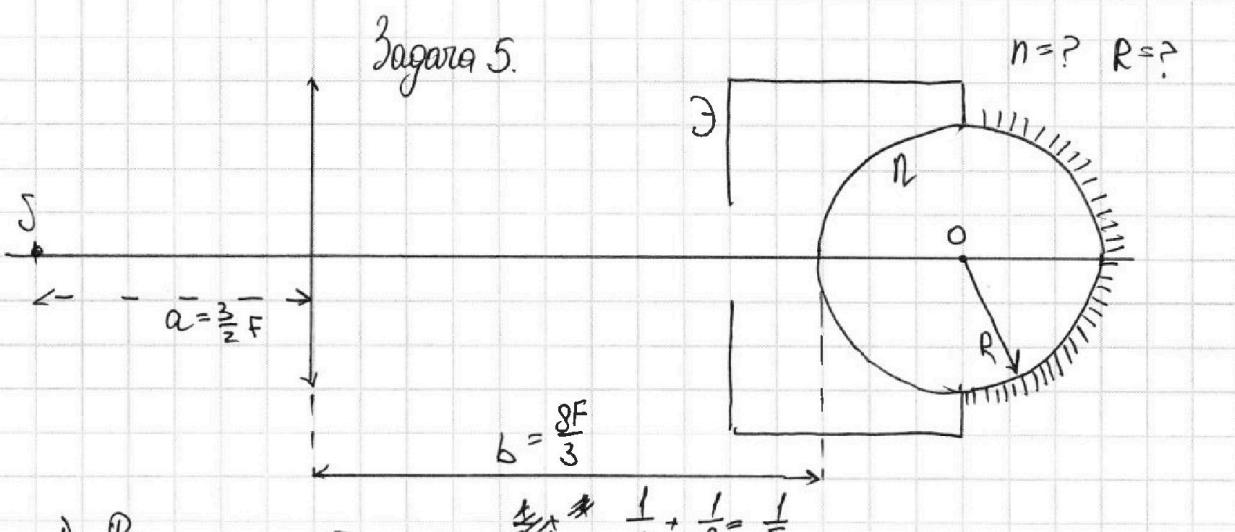
$$\text{Ответ: 1) } I_0 = \frac{nS_1 B_0}{5L}; 2) q = \frac{2B_0 I nS_1}{15L}$$

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.

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

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!



$$d) \text{Формула тонкой линзы } \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

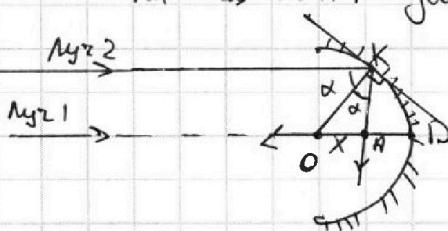
$$d - \text{расстояние от центра до предмета} \quad f = \frac{dF}{d-F}$$

f - расстояние от центра до изображения

$$C = \frac{aF}{a-F} = \frac{3/2 F^2}{1/2 F} = 3F = C$$

C - расстояния от центра до изображения $\approx S$

Поймем, что сферическое зеркало можно рассматривать как линзу с фокусным расстоянием $R/2$. Сферическое зеркало это зеркало которое собирает параллельный пучок в какой-то точке на ~~одной~~ оси. Найдем эту точку: Муг один - ~~угол~~ угол падения 0° отражается в точке B и идет в обратную сторону



Муг 2. ~~т.к~~ т.к угол падения равен углу отражения

пусть пройдет через точку A на ОД на расстоянии x от O . A - ~~фокус~~ фокус т.к в ней пересеклись оба муга.

- Т.смущсов работаем в параксиальном приближении (для этого и стоит экран) $\angle KAO = 180^\circ - 2d$ (внутрь соотв) $\sin(180^\circ - d) = \sin d$

\Rightarrow муги собрались в $R/2$ \Rightarrow сферическое зеркало можно считать тонкой линзой с центром B O и $F_1 = R/2$ $D_1 = \frac{x}{R}$ что рассенз. $D = -\frac{2}{R}$ $F_1 = -\frac{R}{2}$

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.



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

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!

шар также можно рассмотреть как линзу в точке O $D = \frac{1}{F}$

где легко найдем фокусное расстояние

$$\frac{1}{f_2} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) = \frac{2(n-1)}{R} \quad F_2 = \frac{R}{2(n-1)} \quad D_2 = \frac{2(n-1)}{R}$$

\Rightarrow систему шар + зеркало можно рассматривать как линзу с оптической силой D_3 (т.к. они стоят в плотную)

$$D_3 = D_1 + D_2 = \frac{1}{R} (n-2) = \frac{-2(n-1)}{R} = D_3 \quad F_3 = \frac{1}{D_3} = \frac{R}{2(n-1)} = \frac{R}{2(n-2)}$$

для этой линзы: предмет это изображение полученное в изображательной линзе

$$\text{тогда } d = b + R - c = \frac{8F}{3} + R - 3F < R - \frac{F}{3} = \frac{3R - F}{3}$$

~~здесь фокусное изображение совпадает с изображением~~

~~$$b = \frac{8F}{3} + R - 3F \quad R = \frac{25F}{6}$$~~

~~$$b = \frac{8F}{3} + R - 3F \quad R = \frac{25F}{6}$$~~

~~$$b = \frac{8F}{3} + R - 3F \quad R = \frac{25F}{6}$$~~

~~здесь фокусное изображение совпадает с изображением~~

~~$$b = \frac{8F}{3} + R - 3F \quad R = \frac{25F}{6}$$~~

~~здесь линза F.K~~
~~перед шаром~~

~~$$d = \frac{8F}{3} + R - 3F \quad R = \frac{25F}{6}$$~~

~~$$3R = 25F + 6R - 18F \quad R = 7R$$~~

~~при $R = 7R$ линза F.K~~
~~здесь фокусное изображение совпадает с изображением~~
~~в линзе F.K~~
~~предмет это изображение~~
~~запечатлено в зеркале~~

~~$$D_4 = \frac{1}{R}$$~~

~~для этой линзы предмет это изображение~~
~~второй раз в изображательной линзе~~

~~$$d = \frac{8F}{3} + \left(\frac{8F}{3} + \frac{8F}{3R} \right) =$$~~

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.



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

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!

а) по условию изображение в системе совпадает с линзой:

$$|f| = \frac{3}{2}F + \frac{8}{3}F + R = \frac{25F}{6} + R \quad f = R + b + a$$

Запишем формулу тонкой линзы для системы шар + зеркало:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{|f|} = \frac{1}{F_3} = \frac{2F}{R} = 2\left(\frac{n-2}{R}\right)$$

получим что изображение в той же плоскости что и предмет.

$$\frac{3}{3R-F} - \frac{6}{2F+6R} = \frac{2n(n-2)\cdot 2}{R^2 F L K}$$

по условию не зависит от n

$$\Rightarrow \text{какой-то из знаменателей равен } 0 \quad \because R > 0 \quad nF > 0$$

$$\Rightarrow 3R = F \quad R = \frac{F}{3}$$

б) отодвинули шар на $\Delta = 2F$

тогда найдем новые d' и f'

$$d' = b + R + \Delta - \cancel{F} = \frac{8F}{3} + R + 2F - 3F = \frac{8F}{3} + R - F = \frac{5F}{3} + R = \frac{5+1}{3}F = 2F$$

$$f' = R + \Delta + b + a = \frac{8F}{3} + \frac{3F}{2} + \frac{F}{3} + 2F = \frac{9F}{3} + 2F + \frac{3F}{2} = 5F + \frac{3F}{2} = \frac{13F}{2}$$

~~$$\frac{1}{d'} - \frac{1}{f'} = \frac{2n}{R} - \frac{26}{3F} = \frac{1}{L} - \frac{1}{13F} = \frac{12}{13F} = \frac{6n}{R}$$~~

~~$$\frac{1}{2F} - \frac{13}{26} = \frac{13-12}{26} = \frac{1}{26}$$~~

~~$$\frac{1}{d'} - \frac{1}{f'} = \frac{2n}{R} - \frac{2n}{3F} = \frac{6n}{3F} = \frac{1}{L} - \frac{12}{13F} = \frac{2(n-2)}{R} = \frac{4(n-2)}{F} \cdot 3 = \frac{(3n-6) \cdot 2}{F}$$~~

~~$$3n - 6 = \frac{9}{26} \quad n = \left(\frac{12}{26} + \frac{9}{26} \right) \cdot \frac{1}{3} = \frac{4}{26} + \frac{3}{26}$$~~

~~$$\text{Ответ: 1) } R = \frac{F}{3}, \quad R = \cancel{\frac{3}{26}}$$~~

~~$$2) n = \frac{25}{26} \quad \frac{107}{26}$$~~



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 checked="" 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!

$$a = \sqrt{\left(\frac{28 \cdot 2 \cdot 2}{2}\right)^2 + \left(\frac{9 \cdot 2 \cdot 10}{\sqrt{27}}\right)^2} \cdot \frac{27}{2} =$$
$$= \sqrt{\frac{4}{9} \cdot 2 + \frac{4}{81} \cdot \frac{27}{2}} = \frac{3}{2} \sqrt{81 \left(\frac{4 \cdot 2}{9} + \frac{4}{81} \right)} = \frac{3}{2} \sqrt{9 \cdot 4 \cdot 2 + 4} = \frac{3}{2} \sqrt{4 \cdot 19} =$$
$$= 3\sqrt{19}$$

+ 273

$$\frac{13F}{2} = 2F \quad F' = \frac{13F}{4}$$