



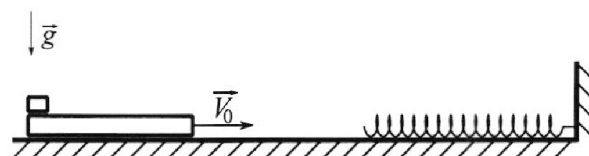
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

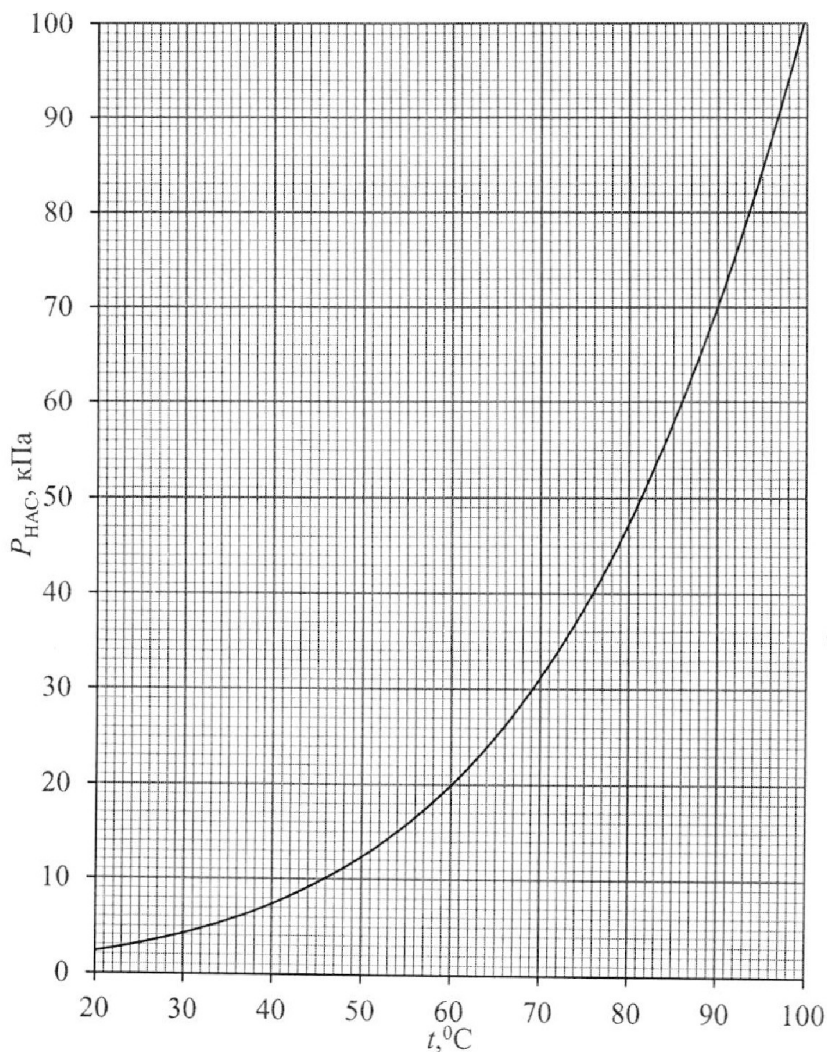


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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





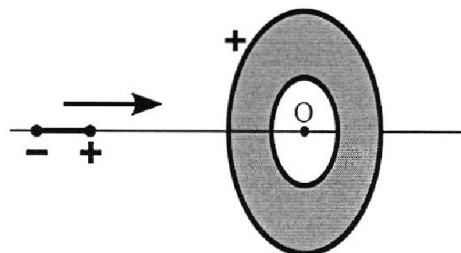
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



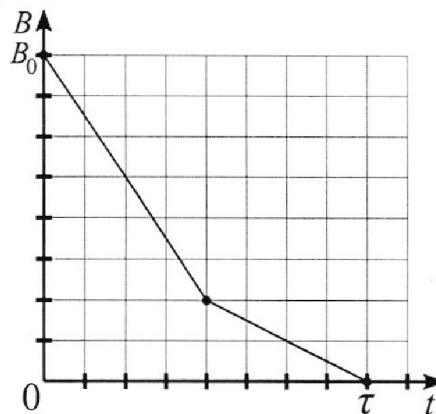
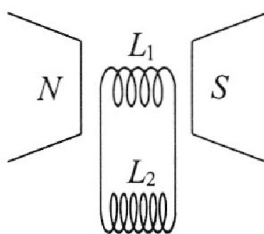
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



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

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

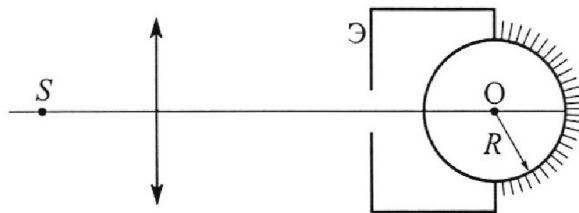
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



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

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

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



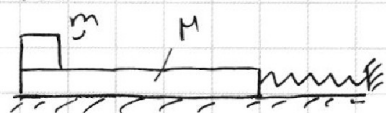
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

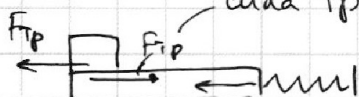
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

№1



Рассмотрим силы, действующие на доску и брусок до того, как начнется их скользящее движение. сила трения между доской и бруском



F_y — сила упругости со скоростью

Пока $F_y < F_{tr\max}$, то брусок доска и брусок движутся как единое целое, если $F_{tr\max} < F_y$, то ~~доска~~ брусок начнет ~~скользить~~ ^{тормозить} из-за трения.

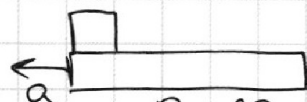
$$F_y \geq F_{tr}$$

$$F_y \leq k \Delta x$$

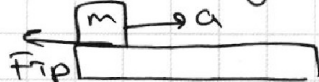
$$F_{tr} \leq mg \mu$$

$$\Delta x \leq \frac{mg \mu}{k} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 0,3}{36} = \frac{1}{12} \text{ м.}$$

До некоторого момента торможение будет и у доски и у бруска, пока не начнет скользить.



В со доску



кр-е. момент:

$$ma \leq F_{tr\max} \leq mg \mu$$

$$a \leq g \mu.$$

По второму закону Ньютона:

$$(M+m)a \leq k \Delta x_m$$

$$(M+m)g \mu \leq k \Delta x_m$$

До момента отрыва:

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

$(M+m)\ddot{x} + kx = 0$ — ур-е гарм. колебаний.

$$\omega^2 = \frac{k}{M+m} = \frac{36}{3} = 12 \frac{1}{c^2}$$

$$\omega = \sqrt{12} \frac{1}{c}.$$

Решением, то

$x = A \sin \omega t$ — ур-е гарм. колебаний

Для нахождения амплитуды, рассмотрим, что брусок и доска всегда движутся как единое целое, пока по 3С7:

$$(M+m) \frac{v_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$



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
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!

Ускорение ~ 1 при макс. скорости срабатывает
звонки машин: Скорость трения, и другим все еще
звонками по доске в расщепленном моменте, и скорость
упругости, равно kx ,



Ответ: ~~1~~ Скорость при этом в момент, когда
какая-то относительная длина другого и доска $\frac{1}{4}$ м
Время и это же момент $\frac{\sqrt{3}}{2}$ с.
Ускорение доски в момент максимального
сжатия пружины $\frac{9}{2}\sqrt{2}$ м/с².



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.

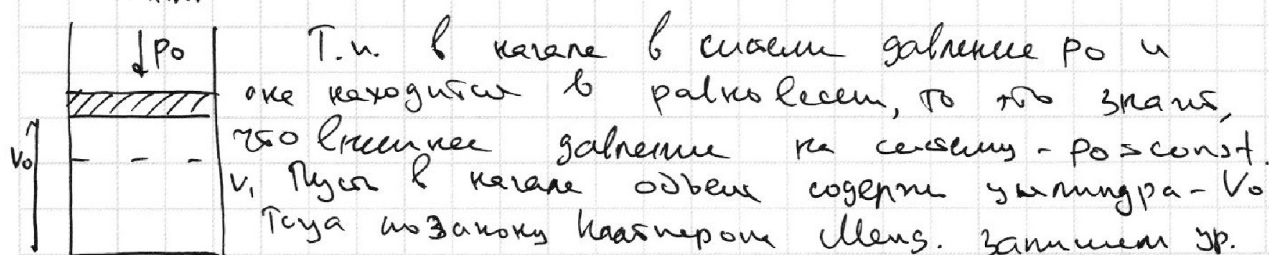
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

№2 Для того, чтобы найти P_1 , найдем разность паров при t_0 : По уравнению, при $t_0 = 33^\circ\text{C}$ $P_{\text{н.н.}} = 90 \text{ нПа}$.

$$\frac{P_1}{P_{\text{н.н.}}} = \varphi_0 \quad P_1 = \varphi_0 P_{\text{н.н.}} = \frac{1}{3} \cdot 90 \text{ нПа} = 30 \text{ нПа}$$



где пара:

$$P_1 V_0 = J_0 R T_0 \quad J_0 R = \frac{P_1 V_0}{T_0}$$

где воздуха:

$$(p_0 - P_1) V_0 = J_0 R T_0 (*)$$

канальное кол-во воздуха пара
кол-во воздуха. Не меняется в процессе.

$$J_0 R = \frac{(p_0 - P_1) V_0}{T_0}$$

В трубе момент начала конденсации V_1 , T_1 , P_1 . Ясно, что в момент начала конд. кол-во пара J_0 . Заметим g -е канальное - g -е канальное: P_2 T_2 V_2 P_2 .

$$P_2 V_1 = J_0 R T_1$$

$$(p_0 - P_2) V_1 = J_0 R T_1 \Rightarrow P_2 V_1 = P_1 V_0 \frac{T_1}{T_0} \Rightarrow V_1 = \frac{P_1 V_0 T_1}{P_2 T_0}$$

$$(p_0 - P_2) \frac{V_0 P_1 T_1}{P_2 T_0} = (p_0 - P_1) V_0 \cdot \frac{T_1}{T_0} \cdot P_2$$

$$p_0 V_0 P_1 - P_2 V_0 P_1 = p_0 V_0 P_2 - P_1 V_0 P_2$$

$$P_2 = P_1 = 30 \text{ нПа.} \quad \text{Касаясь } t^* \text{ по уравнению } t^* = 69^\circ\text{C}$$

После того, как мы сдвинули, его давление зависит только от темп. $P_{\text{н.н.}}$ при $t = 33^\circ\text{C}$ по уравнению $P_{\text{н.н.}} = 90 \text{ нПа}$ $T_2 = 273 + 33 = 306 \text{ K}$ $T_0 = 273 + 33 = 306 \text{ K}$ $T_0 = 273 + 33 = 306 \text{ K}$

$$P_3 = V_2 = J_0 R T_2 \quad V_2 = \frac{J_0 R T_2}{P_3} \quad \frac{V_2}{V_0} = \frac{R T_2}{P_3} \cdot \frac{(p_0 - P_1)}{R T_0}$$

$$V_0 \text{ и } (*) : V_0 = \frac{J_0 R T_0}{(p_0 - P_1)} = \frac{306 \cdot 75}{100 \cdot 370} = \frac{459}{370}$$

Ответ: $P_1 = 30 \text{ нПа}$, $t^* = 69^\circ\text{C}$, $\frac{V_0}{V_0} = \frac{459}{370}$.

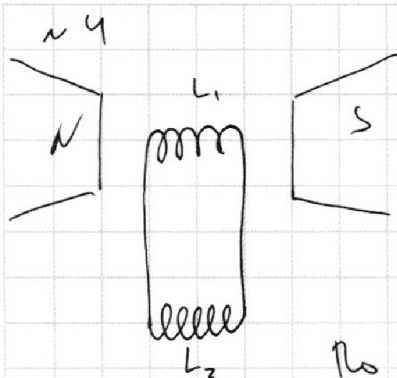


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Напряжения на катушках:

$$u = L_1 \dot{i}_1 - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$L_1 \dot{i}_1 - \frac{d\Phi}{dt} = R i_2$$

$$S = n S_1$$

$$L_1 \dot{i}_1 - \frac{d\Phi}{dt} = R i_2$$

По закону, произведен в процессе

имеем 2 экв.

$$1. \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\tau}{2} \quad \frac{d\Phi}{dt} = 1,5 \frac{\tau}{L}$$

$$\text{от } \frac{\tau}{2} \text{ до } \tau \quad \frac{d\Phi}{dt} = 0,5 \frac{\tau}{L}$$

$$1: \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\tau}{2} \quad L_1 \dot{i}_1 = 1,5 n S_1 \Rightarrow \dot{i}_1 = \frac{1,5 n S_1}{L} (*)$$

$$2: L_1 \dot{i}_1 = 0,5 n S_1 \Rightarrow \dot{i}_1 = \frac{0,5 n S_1}{L}$$

Также на уменьшение магн потока возникает $\mathcal{E}_2$ от вторичной катушки

$$\mathcal{E}_2 = -L_2 \dot{i}_2 = -3L \cdot \frac{1,5 n S_1}{L}$$

направлено в сторону тока

$$u_3 (*) \quad \dot{i}_0 = \dot{i}_1 \cdot \frac{\tau}{2} + \dot{i}_2 \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{2 n S_1}{L} \cdot \frac{\tau}{2} = \boxed{\frac{n S_1 \tau}{L}}$$

т.е. произведен в обоих случаях по формуле.

Ответ: $\dot{i}_0 = \frac{n S_1 \tau}{2}$



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!

15 По формуле соед. линз:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad d - \text{расстояние до предмета от линзы}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad f - \text{расстояние до изобр. от линзы}$$

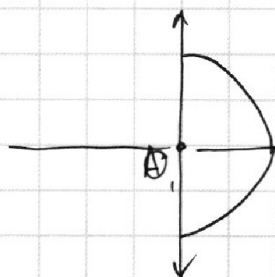
$$d \leq 0,5F \quad F - \text{фокус линзы}$$

$$\frac{10}{11F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{11F} \quad f = 11F.$$

По формуле микрофильма линз, фокус
 шар $\frac{1}{F_m} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) = \frac{2(n-1)}{R}$
 $F_m = \frac{R}{2(n-1)}$

Рассмотрим систему шар-сфер. зеркала:

Представим шар, как точку линзы с фокусом $F_m = \frac{R}{2n-1}$, фокус сфер. зеркала равен $F_s = \frac{R}{2}$.



Тогда, если положить источник света в с. О, то линза не изменит траектории лучей,

а по формуле сфер. зеркала $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$, где a - расстояние до предм., b - расст. до изобр.

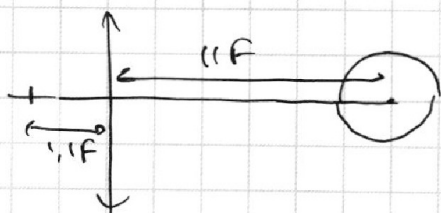
$$\frac{1}{R} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{R} \Rightarrow b = R, \text{ т.е. линза содержит}$$

в фокус не точк. Отсюда следует, что если источник находится в центре данной шара, его линза содержит сам не.

Тогда, когда изобр. источника не зависит от показ. преломления шара, данная ситуация, так как не зависит от показ. преломления шара, и в данном случае тогда $11F$ - расст. до центра шара $10,5F$ - расст. до края шара

$$R \geq 11F - 10,5F \leq 0,5F$$



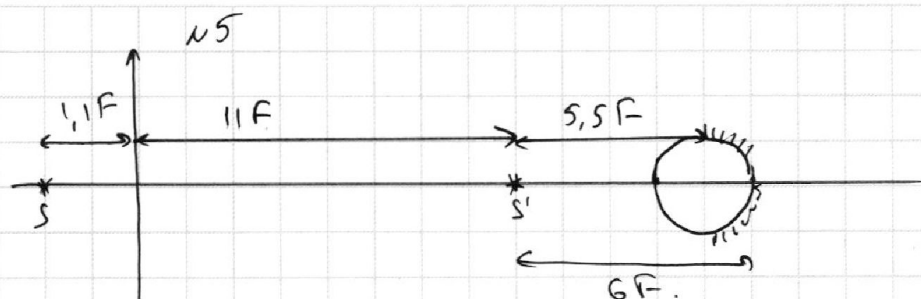


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Удобно изображение источника совпало с изображением, вышедшим из него и сошедшимся в S' , после прохождения системы шар-зеркало-шар, должен сойтись также в S' .

Решим от S' сначала пройдем через шар, потом через зеркало, потом снова через шар

$$F_{ш} = \frac{R}{2n} = \frac{F}{4n} \quad F_3 = \frac{R}{2} = \frac{F}{4}$$

Для шара 1:

$n > 1$

$$\frac{2}{11F} + \frac{1}{f_1} = \frac{4n}{F} \quad f_1 = \frac{11F}{4n-2}$$

Для зеркала: $a \leq f_1 - \frac{F}{2} \leq \frac{12F-22nF}{4n-2} = \frac{6F-11nF}{22n-1} < 0$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_3} \quad \frac{4n-2}{11F} + \frac{22n-1}{(6-11n)F} = \frac{1}{\frac{F}{4}}$$

$$\frac{22n-1}{(11n-6)F} + \frac{1}{b} = \frac{4}{F} \quad \frac{1}{b} = \frac{22n-23}{(11n-6)F} \quad b = \frac{(11n-6)F}{(22n-23)}$$

Для шара 2:

$$\frac{1}{b} + \frac{2}{11F} = \frac{1}{F_{ш}}$$

$$\frac{22n-23}{(11n-6)F} + \frac{2}{11F} = \frac{4n}{F}$$

$$\frac{(22n-23)11 + 22n-12 - 4n(11n-6) \cdot 11}{(11n-6)11} > 0$$

$$242n-253+22n-12-484n^2+264n > 0$$

$$484n^2 + 2 \cdot 264n - 265 > 0$$

$$D = 22^2(24^2 + 4 \cdot 265) = 22^2 \cdot 1636$$

$$n_{1,2} = \frac{24 \pm \sqrt{1636}}{2 \cdot 22} \Rightarrow n = \frac{24 + \sqrt{1636}}{44} > 1$$

Ответ: $n \leq \frac{24 + \sqrt{1636}}{44}$; $R \leq \frac{F}{2}$.

