

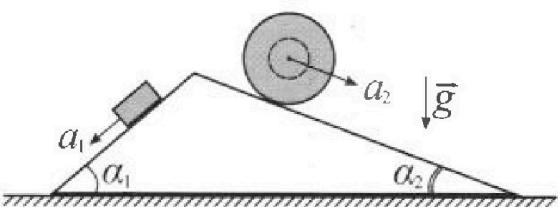
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1(\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$ и $\alpha_2(\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$. Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



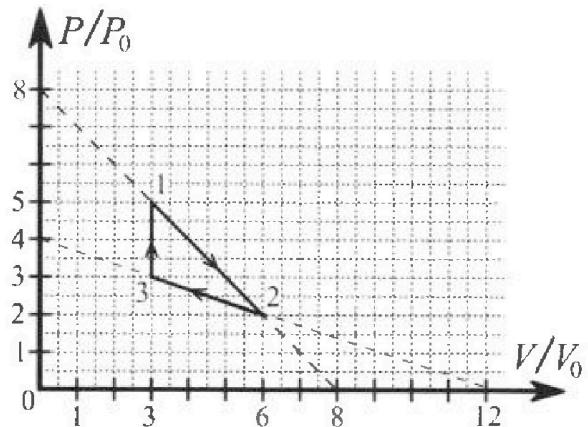
- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

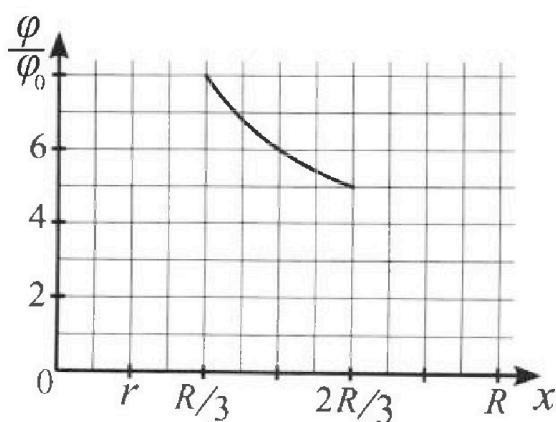
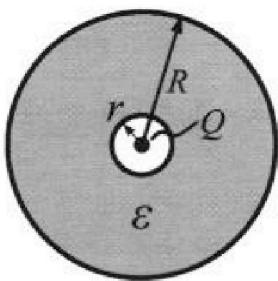
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.



3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .

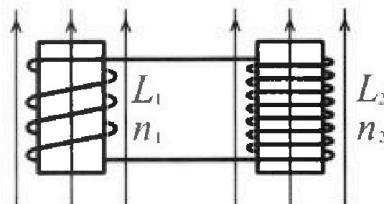


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

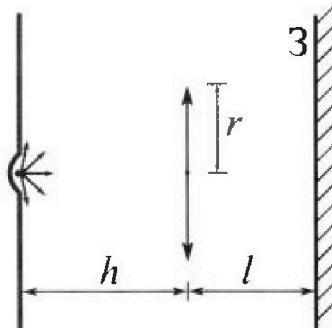
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться я ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ расположено параллельно стене плоское зеркало З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в [см²] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

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.

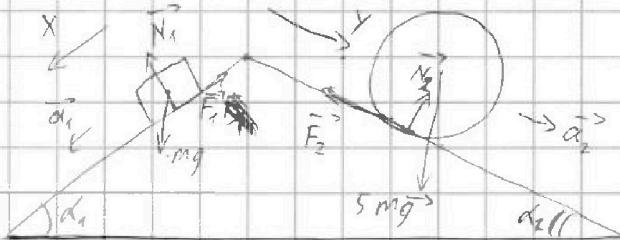


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

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!



$$\text{зак. физика: } \vec{a}_1 \cdot \vec{m} = \vec{n}_1^2 + \vec{F}_1$$

$$X: ma_1 = m g \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = m g \sin \alpha_1 - m a_1 = m(g \sin \alpha_1)$$

$$\text{зак. физика: } \vec{a}_2 \cdot \vec{5m} = 5m \vec{g} + \vec{F}_2$$

$$F_2 = m \cdot \left(g \cdot \frac{3}{5} + 9 \cdot \frac{7}{17} \right) = mg \left(\frac{2}{5} + \frac{3}{17} \right)$$

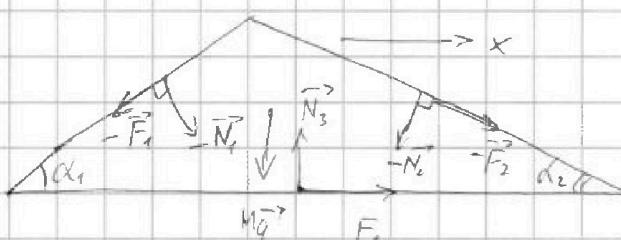
$$Y: 5ma_2 = 5mg \cdot \sin \alpha_1 + F_2$$

$$= mg \cdot \frac{3 \cdot 17 - 5 \cdot 7}{5 \cdot 17} = \frac{51 - 35}{5 \cdot 17} \cdot mg =$$

$$F_2 = 5mg \sin \alpha_1 - 5ma_2 =$$

$$= \frac{16}{85} mg$$

$$= 5m \left(g \cdot \frac{8}{17} - g \cdot \frac{8}{25} \right) = 5mg \left(\frac{8 \cdot 25 - 8 \cdot 17}{17 \cdot 25} \right) = \frac{40mg}{17 \cdot 25} = \frac{64mg}{85}$$



$$\text{зак. физика: } -\vec{F}_1 - \vec{N}_1 + \vec{N}_3 + \vec{F}_2 - \vec{N}_2 - \vec{F}_2 = 0$$

$$X: -F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 + F_2 - N_2 \sin \alpha_2 + F_2 \cos \alpha_2 = 0$$

$$F_3 = F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2$$

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$F_3 = \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{75}{17} mg \cdot \frac{8}{17} - \frac{64}{85} mg$$

$$N_2 = 5mg \cdot \cos \alpha_2 = \frac{75}{17} mg$$

$$= \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{75 \cdot 8}{17 \cdot 5^2} + \frac{64 \cdot 8}{85 \cdot 17^2} =$$

~~$$= \frac{mg}{85} \left(\frac{64}{17} - \frac{12 \cdot 17}{17 \cdot 5^2} + \frac{75 \cdot 8}{17^2} - \frac{64 \cdot 3}{17 \cdot 5^2} \right) = \frac{mg}{17} \left(\frac{28}{5^2} + \frac{8 \cdot 3 \cdot 17}{17 \cdot 5^2} \right)$$~~

$$\frac{12}{17} \cdot 75 \cdot 8 - 64 \cdot 3 = 8 \cdot 3 \cdot (25 - 8) = 8 \cdot 3 \cdot 17$$

$$F_3 = \frac{mg}{17} \left(24 - \frac{28}{5} \right) = \frac{mg}{17} \left(\frac{120}{5} - 28 \right) = \frac{mg \cdot 92}{17 \cdot 5} = \frac{92}{85} mg$$

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{16}{85} mg \quad F_2 = \frac{64}{85} mg \quad F_3 = \frac{92}{85} mg$$



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 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!

$$\text{Падение давления} \Rightarrow \Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho_0 \cdot g \cdot V_0 = 3 P_0 V_0$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \cdot 3 V_0 (5 P_0 - 3 P_0) = \frac{9}{2} \cdot 6 P_0 V_0 = 27 P_0 V_0$$

$$1) \frac{9 P_0 V_0}{3 P_0 V_0} = 3$$

$$\text{Когда } T_{\max} \Rightarrow \Delta U_{\max} \Rightarrow \Delta U' = 0$$

$$(\Delta U)' = \frac{3}{2} (PV)' = 0 \Rightarrow (PV)' = 0 \quad \text{В процессе 1-2 } P = \frac{8 P_0 - V P_0}{V_0}$$

$$(PV)' = \left(\frac{8 P_0 - V P_0}{V_0} V \right)' = \left(\frac{8 P_0 V - V^2 P_0}{V_0} \right)' = 8 P_0 - 2 V P_0 = 0 \Rightarrow V = 4 V_0$$

$$\begin{cases} V = 4 V_0 \\ T = \max \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P = 4 P_0 \\ T = \frac{16 V_0 P_0}{J R} \end{cases}$$

$$\beta_{T=1} T_1 = \frac{15 P_0 V_0}{J R} \quad \beta_{T=2} T_2 = \frac{12 V_0 P_0}{J R}$$

$$2) \frac{T_m}{T_2} = \frac{16 V_0 P_0}{J R \cdot 12 P_0 V_0} = \frac{4}{3}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} \quad \text{Наряду с процессом пока } Q' > 0$$

$$Q' = (\Delta U' + A') \quad \text{В процессе 12 } (\Delta U)' = \frac{3}{2} \left(8 P_0 - \frac{V P_0}{V_0} \right)$$

$$A' = PV' = 8 P_0 - \frac{V P_0}{V_0} \quad Q' = 12 P_0 - 3 \frac{V P_0}{V_0} + 8 P_0 - \frac{V P_0}{V_0}$$

$$Q' = 20 P_0 - 4 V P_0 > 0$$

$$s - \frac{V}{V_0} > 0 \Rightarrow \frac{V}{V_0} < 5 \quad \text{В процессе 12 наработано } 3 V_0 \text{ go } 5 V_0$$

$$\text{Процесс 3-2 } P = 4 P_0 - \frac{V P_0}{V_0 \cdot 3}$$

$$Q' = \frac{3}{2} \left(4 P_0 - \frac{V P_0}{V_0} \right) + 4 P_0 - \frac{V P_0}{V_0} = 10 P_0 - \frac{5 V P_0}{6 V_0} > 0 \quad 20 - \frac{5}{6} > 0$$



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"/> 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
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!

$$\frac{V}{6V_0} < 2 \quad \frac{V}{V_0} < 12 \quad V < 12V_0 \Rightarrow \text{В процессе } 3-2 \text{ всегда нагрев,}$$

а в процессе 2-3 всегда охлаждение.

$$\text{В процессе } 3-1 \text{ всегда нагрев. } \eta = \frac{A_{31}}{Q_H}$$

$$Q_H = Q_{31} + Q_{12H}$$

$$Q_{31} = A_{31}V_0 + A_{31} = \frac{3}{2} 3V_0 \cdot 2P_0 = 9P_0V_0$$

$$Q_{12H} = A_{12H}V_0 + A_{12H} = \frac{3}{2} (15P_0V_0 - 15K_0V_0) + 2V_0 \left(\frac{5P_0 + 3P_0}{2} \right) = \\ = 8P_0V_0 \quad \eta = \frac{3P_0V_0}{9P_0V_0 + 8P_0V_0} = \frac{3}{17} \quad 3) \frac{3}{17}$$

$$\text{Ответ: 1) 3 2) } \frac{4}{3} \quad 3) \frac{3}{17}$$

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!

$$\frac{d\varphi}{r} = \frac{E}{\epsilon} dx$$

dx - переходение вдоль пути

E - пол. ~~энергии~~ от заряда

$$d\varphi = \frac{E dx}{\epsilon} = \frac{d\varphi_B}{\epsilon}$$

в гауссовой

$$\text{Поле в гауссовой} = \frac{3kq}{4\pi r^2} + \frac{3kq}{4\pi r^2} =$$

$$\text{изолированной} \frac{3kq}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{kq}{r} + kq \left(\frac{4}{3\epsilon r} - \frac{1}{r} \right) = kq \left(\frac{1}{r} + \frac{4}{3\epsilon r} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\text{один пол.} \frac{kq}{r} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{x\epsilon} - \frac{1}{r} \right) \quad (1)$$

$$8\varphi_0 = kq \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{r\epsilon} - \frac{1}{r} \right) \quad (2)$$

$$6\varphi_0 = kq \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{r\epsilon} - \frac{1}{r} \right) \quad (3)$$

$$5\varphi_0 = kq \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{3r\epsilon} - \frac{1}{r} \right) \quad (4)$$

$$2\varphi_0 = \frac{kq}{r\epsilon} \quad \varphi_0 = \frac{kq}{2r\epsilon}$$

$$4\varphi_0 = kq \left(\frac{4}{3r\epsilon} \right) = \frac{4kq}{3r\epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{kq}{2r\varphi_0}$$



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.

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!

Мы-за ско-щущуща иска-тичес-ких, всту-пше-ых ре-зуль-та-чес-твий

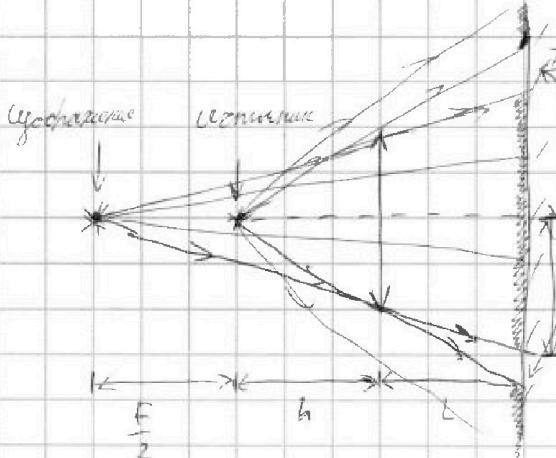
Будет пред-став-лено в-чес-кое физ-ич-ес-кое ис-ка-ти-че-во-е №209.

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 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!

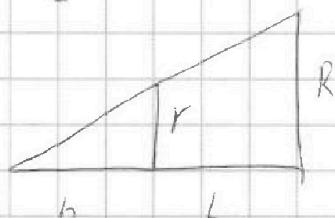


$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

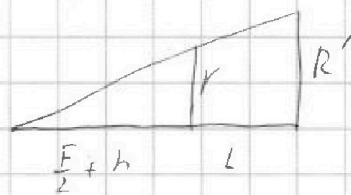
$$fd = Ff + Fd$$

$$f(d-F) = F_d$$

$$f = \frac{Fd}{(d-F)} = \frac{F^2}{2(-F)} = -F$$



$$R = \frac{L \cdot (h+L)}{h} = \frac{L \cdot F}{\frac{F}{2}} = 2R$$



$$R' = \frac{L \cdot (\frac{F}{2} + h + L)}{\frac{F}{2} + h} = \frac{\frac{3}{2}F \cdot r}{F} = \frac{3}{2}r$$

$$1) \text{ площадь} = \pi (R^2 - (R')^2) = \pi r^2 \left(4 - \frac{9}{4} \right) = \pi r^2 \left(\frac{7}{4} \right) =$$

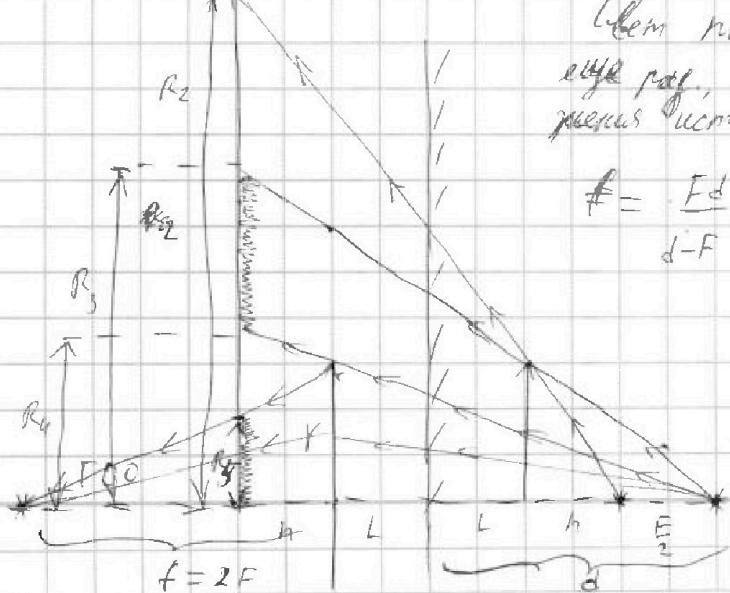
$$= \pi r^2 \cdot \frac{7}{4} = 7\pi \text{ см}^2$$

Чем выше отдаление будет преследовано
этих раб., то площадь, занимаемую ими
перев. используя будем учитывать.

$$f = \frac{Fd}{d-F} \quad d = \cancel{L} \cdot 2L + h + \frac{F}{2} = 2F$$

$$f = \frac{2F^2}{F} = 2F$$

$$S_{\text{коch.}} = \pi \left(R_2^2 - R_1^2 + R_4^2 - R_3^2 \right)$$





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.

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!

$$\text{По подсчету: } R_2 = 4r \quad R_3 = \frac{5}{2}r \quad R_4 = \frac{5}{4}r \quad R_5 = \frac{3}{4}r$$

$$S_{\text{надл}} = \pi r^2 \left(16 - \frac{25}{4} + \frac{25}{16} - \frac{9}{16} \right) = \pi r^2 \left(\frac{64}{16} - \frac{25}{16} + \frac{9}{16} \right) =$$

$$= \pi r^2 \left(\frac{59}{16} + \frac{9}{16} \right) = \frac{43}{4} \pi r^2 = 43\pi \text{ см}^2 \quad \begin{aligned} &\text{Ответ: 1) } 43\pi \text{ см}^2 \\ &2) 43\pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$



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
— 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
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
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!