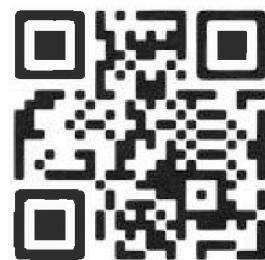


Олимпиада «Физтех» по физике,

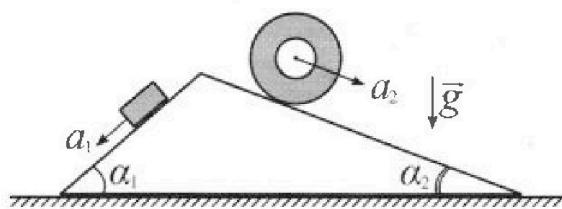
февраль 2024

Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (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 $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 5/13, \cos \alpha_2 = 12/13)$. 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 цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

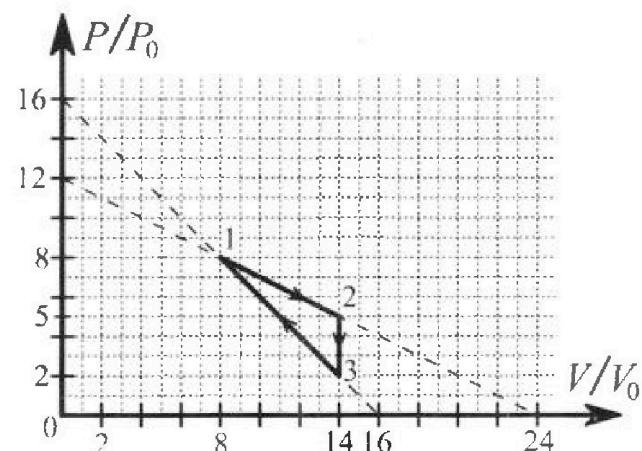
Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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.

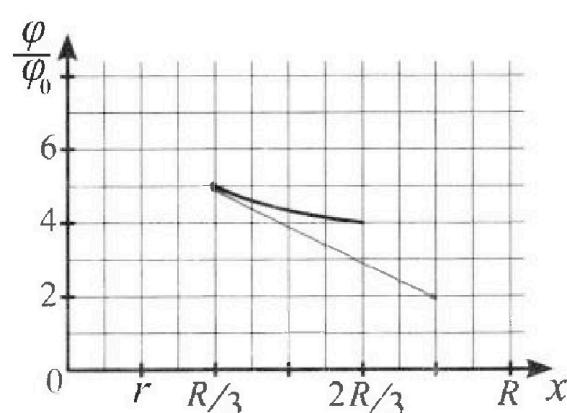
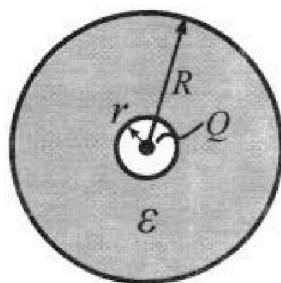
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .

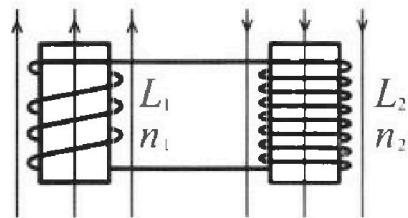


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**
Вариант 11-03



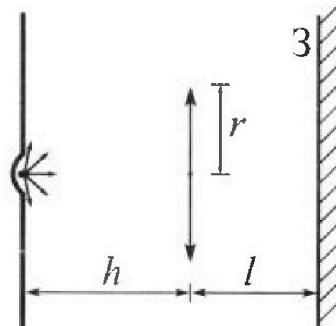
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

- 4.** Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ 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 ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет возрастать 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = 2h/3$ 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.

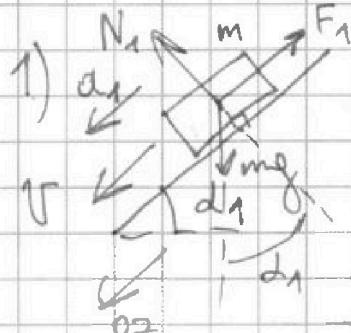
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" 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!

Дано: m , $a_1 = \frac{6}{13}g$, $a_2 = \frac{8}{5}g$, $\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$ ($\cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$),
 1) $F_1 - ?$ 2) $F_2 - ?$ 3) $F_3 - ?$ $\sin \alpha_2 = \frac{5}{13}$ ($\cos \alpha_2 = \frac{12}{13}$)



расставили силы на бруском I, решу.
ондн и \vec{F}_1 трения скользят.

килин покатится \Rightarrow брускам всплыть.
отм-ко покатил зернин всплыть килина
 \vec{F}_1 направл. вверх килина

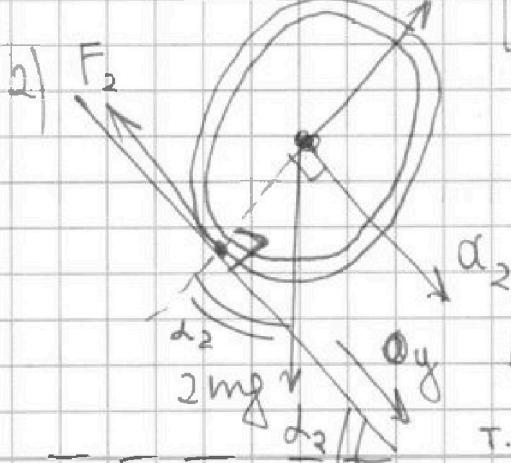
II з-и лежат. на O_2 (всплыть килина; \vec{N}_2 килину):
на бруска

$$mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$$

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

$$F_1 = m\left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{6}{13}g\right) = mg\left(\frac{39}{65} - \frac{30}{65}\right) = \frac{9}{65}mg$$

$$\boxed{F_1 = \frac{9}{65}mg}$$



цилиндр всплыл. без проскальзыв.

$\Rightarrow \vec{F}_2$ - сила трения покоя,

направл. против силы

внешн-си. (против $\vec{N}_2 + \vec{mg}$),

т.е. вверх по килину (всплыть кели)



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 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!

II з-и лбом. для центра на Оy вдоль кими

для его центра мас, $\vec{m} \ddot{d}_{22} = (\sum \vec{F}_{\text{внеш}})_{22}$

ичине Т. о граве. центра мас $(2m \cdot \vec{d}_2 = \sum \vec{F}_{\text{внеш}})$:

$$2m \ddot{d}_{22} = (\sum \vec{F}_{\text{внеш}})_{22}$$

$$2m \ddot{d}_{22} = \sum F_{\text{внеш}2}$$

$$2m \ddot{d}_{22} = 2mg \sin d_2 - F_2$$

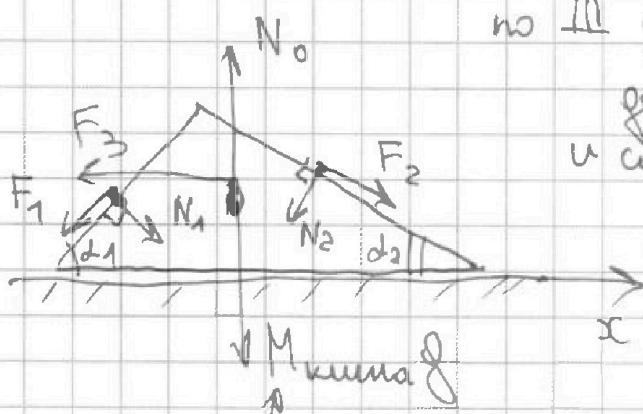
$$F_2 = 2m \left(\ddot{d}_{22} + g \sin d_2 \right)$$

$$F_2 = 2m \left(-\frac{g}{4} + g \frac{\frac{13}{13}}{13} \right) = 2mg \left(-\frac{13}{52} + \frac{20}{52} \right) = mg \frac{7}{26}$$

$$\boxed{F_2 = \frac{7}{26} mg}$$

$$\boxed{F_2 = \frac{7}{26} mg}$$

3) кими наод. в равновесии



но III з-и лбом. на кими

действ. $-\vec{F}_1$, $-\vec{F}_2$, $-\vec{N}_1$, $-\vec{N}_2$
и сила тряп. F_3 , также \vec{N}_0 и $M_{\text{ким}}$ при
равновесие кими

(сущие тряпку, си на)
Ox равна нулю

$$\text{масса кими} \quad F_2 \cos d_2 - N_2 \sin d_2 + N_1 \sin d_1 - \\ - F_1 \cos d_1 = Q F_3$$

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
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!

вернемся к п. 1) и п. 2) : решим II з-и Ньютона.

на оси \perp макр. контакта бруска/чул-ра с кинем:

$$\begin{cases} 0 = N_1 - mg \cos \alpha, \\ 0 = N_2 + 2mg \cos \alpha, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N_1 = mg \frac{4}{5} = \frac{4}{5} mg \\ N_2 = 2mg \cdot \frac{12}{13} = \frac{24}{13} mg \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{26} mg \cdot \frac{12}{13} - \frac{24}{13} \cdot \frac{5}{13} mg + \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} = \frac{9}{65} mg \cdot \frac{4}{5} =$$

$$\Rightarrow \frac{42}{169} mg - \frac{120}{169} mg + \frac{12}{25} mg = \frac{36}{325} mg = F_3$$

$$\frac{F_3}{mg} = -\frac{78}{169} + \frac{12}{25} = -\frac{12 \cdot 13 - 36}{325} = -\frac{78}{169} + \frac{12}{325} =$$

$$-\frac{6 \cdot 13}{13 \cdot 13} + \frac{5 \cdot 24}{13 \cdot 25} = -\frac{6}{13} + \frac{24}{13 \cdot 5} = \frac{24 - 30}{65} =$$

$$-\frac{6}{65} \quad F_3 < 0 \Rightarrow \text{направл. в обратн. Страницу}$$

$$F_3 = \frac{6}{65} mg$$

Ответ: $F_1 = \frac{9}{65} mg$, $F_2 = \frac{4}{26} mg$, $F_3 = \frac{6}{65} mg$.



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 5

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!

$$1) |\Delta U_{12}| - ?$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} (5p_0 \cdot 14V_0 - 8p_0 \cdot 8V_0) =$$

A_y

$i=3$ (одност. x_2y)

$$= \frac{3}{2} p_0 V_0 (70 - 64) = 9 p_0 V_0$$

работа газа за цикл трёхуг. пирамиды треугольника, ограниченного процессами 1-2-3-1.

$$A_y = \frac{1}{2} (5p_0 - 2p_0) (14V_0 - 8V_0) = \frac{1}{2} p_0 V_0 \cdot 3 \cdot 6 = 9 p_0 V_0$$

$$\boxed{\frac{|\Delta U_{12}|}{A_y} = \frac{9 p_0 V_0}{9 p_0 V_0} = 1}$$

$$2) \text{ макс. газа } T = \frac{pV}{\gamma R} \quad (\text{из ур-ния Клаун.-Менг.})$$

$\underbrace{\gamma}_{= \text{const}}$

$$T = \text{max при } PV = \text{max}$$

$$\text{процесс 1-2: } p(V) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V + 12p_0$$

$$pV = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V^2 + 12p_0 V$$

$$\text{максимум выражение при } V = \frac{-12p_0}{2 \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \right)} = 12V_0$$

темпер. макс. темпер. в проц. 1-2:

$$T_{max12} = \frac{-\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot 144V_0^2 + 12p_0 \cdot 12V_0}{\gamma R} = \frac{p_0 V_0}{\gamma R} \left(144 - \frac{144}{2} \right)$$

$$T_{max12} = 4R \frac{p_0 V_0}{\gamma R}$$

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

СТРАНИЦА
2 из 5

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!

процесс 2-3: 1-е нач. термоф. ручным, при $V = 14V_0 = \text{const}$
 $\Rightarrow pV$ членами. \Rightarrow темпер. не

2) состояние 3: $T_3 = \frac{2p_0 \cdot 14V_0}{JR} = 28 \frac{p_0 V_0}{JR}$

$$\frac{T_{\max 12}}{T_3} = \frac{\frac{72}{2} \frac{p_0 V_0}{JR}}{28 \frac{p_0 V_0}{JR}} = \frac{9 \cdot 8}{4 \cdot 4} = \frac{9 \cdot 2}{4} = \frac{18}{4} = \frac{T_{\max 12}}{T_3}$$

3) КПД цикла: $n = \frac{A_{\text{вн}}}{Q_{\text{вн}}} \leftarrow \begin{array}{l} \text{работа цикла за} \\ \text{цикла} \end{array}$
 $A_{\text{вн}} = 9 p_0 V_0$ (см. п. 1)

• процесс 1-2: 1-е нач. термоф.: $dQ = dU + \delta A =$
 $= \frac{3}{2} (pdV + Vdp) + pdV = \frac{5}{2} pdV + \frac{3}{2} Vdp$

пока тепло подводится: $\delta Q > 0$

$$\frac{5}{2} pdV > -\frac{3}{2} Vdp \Rightarrow \frac{dp}{dV} < \frac{5p}{3V}$$

$$\frac{dp}{dV} > \frac{5p}{3V}$$

1-2: $p(V) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V + 12p_0$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} > \frac{5p}{3V}$$

$$-\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V > 10V_0 \left(12p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V \right)$$

$$-3p_0 V > 120p_0 V_0 - 5p_0 V$$

$$2p_0 V > 120p_0 V_0 \Rightarrow V > 60V_0$$

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

СТРАНИЦА
3 из 5

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!

• при $V > 60V_0$ тепло подводится
тепло не тепло ΔQ сменяя знак (перестали под-
водить, стали отводить)!

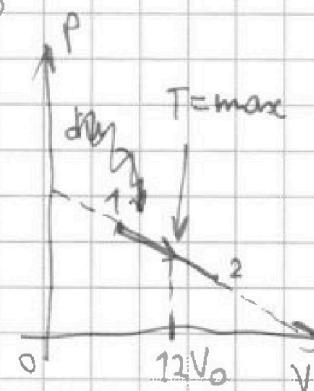
$$\Delta Q = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{5p_0}{3V} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0}$$

$$10p_0V_0 = 3p_0V$$

$$10V_0(12p_0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} V) = 3p_0V$$

$$120p_0V_0 - 5p_0V = 3p_0V$$

$$120V_0 = 8V$$



$$V = 15V_0 - \text{не применимо}$$

трой. 1-2 тепло
один

\Rightarrow в тем. бсро процесс 1-2 тепло подводят

$$\begin{aligned} Q_{1 \rightarrow 12} &= \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} (14V_0 \cdot 5p_0 - 8V_0 \cdot 8p_0) + \\ &+ \frac{8p_0 + 5p_0}{2} \cdot (14V_0 - 8V_0) = 9p_0V_0 + 13p_0 \cdot 3V_0 = \\ &= 48p_0V_0 \end{aligned}$$

• процесс 2-3 (1-2 нач. термог.): $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$

$$\Delta U < 0 \Rightarrow \Delta Q < 0, \text{ тепло отводится}$$

$$\bullet \text{процесс 3-1: } p(V) = 16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$\Delta Q = 0 \text{ (т. смена знака тепловые)}$$

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

СТРАНИЦА
4 из 5

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!

$$\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = 0$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{5p}{3V} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$3p_0V = 5V_0(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V)$$

$$3p_0V = 8p_0V_0 - 5p_0V$$

$$8p_0V = 8p_0V_0$$

$V = V_0 \rightarrow$ не триадиэкт
треуг. 3-1

\Rightarrow в треуг. 3-1 теплое всё время
отводится через один угол

- начало треуг. 3-1 ($p = 2p_0, V = 14V_0$):

$$\begin{aligned}\delta Q &= \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} dV = \\ &= \frac{5}{2} \cdot 2p_0 dV - \frac{3}{2} \cdot 14p_0 \cdot \frac{p_0}{V_0} dV = p_0 dV (5 - 21) \cancel{\text{двой}}$$

$$\Rightarrow \delta Q = -16 p_0 dV, dV < 0 \quad (\text{V уменьш.})$$

$\Rightarrow \delta Q > 0 \Rightarrow$ в течение всего процесса
теплота подводилась

- начало треуг. 1-2 ($p = 8p_0, V = 8V_0$):

$$\begin{aligned}\delta Q &= \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = \frac{5}{2} p dV - \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} dV = \\ &= \frac{5}{2} 8p_0 dV - \frac{3}{4} \cdot 8V_0 \cdot \frac{p_0}{V_0} dV = p_0 dV (20 - 6) = 14p_0 dV\end{aligned}$$



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.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
5 из 5

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!

$\Delta Q = 14 p_0 dV$, $dV > 0$ (V увелич.) \Rightarrow на притоне.

Всего трац. 1-2 тепло подводится

$$Q_{x+12} = Q_{x,12} = 48 p_0 V_0$$

• тепло, подведен. в трац. 3-1:

$$\begin{aligned} Q_{x+31} &= \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} (8 p_0 \cdot 8 V_0 - 2 p_0 \cdot 14 V_0) - \\ &- \frac{8 p_0 + 2 p_0}{2} \cdot (4 V_0 - 8 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0 \cdot (64 - 28) - 10 p_0 V_0 \cdot 3 = \\ &= 3 p_0 V_0 (32 - 14) - 30 p_0 V_0 = 3 p_0 V_0 \cdot 18 - 30 p_0 V_0 = \\ &= (54 - 30) p_0 V_0 = 24 p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\text{КПД } Q_x = Q_{x+12} + Q_{x+31} = (48 + 24) p_0 V_0 = 72 p_0 V_0$$

$$\text{КПД: } \eta = \frac{A_{31}}{Q_x} = \frac{9 p_0 V_0}{72 p_0 V_0} = \frac{1}{8}$$

$$\text{Объем: } \frac{|\Delta U_{12}|}{A_{31}} = 1; \frac{T_{max12}}{T_3} = \frac{18}{7}; \eta = \frac{1}{8}.$$



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!

$$K \frac{Q + q_1 + q_2}{x^2} = K \frac{Q}{x^2} \Rightarrow q_2 = -q_1 = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

$E(x)$

$\leftarrow \rightarrow$

$q_{\infty} = 0 \quad x = \frac{5R}{6} \quad R$

$$= \int_R^{\infty} K \frac{Q dx}{x^2} + \int_{\frac{5R}{6}}^R K \frac{Q dx}{Ex^2} = KQ \left(-\frac{1}{x} \right) \Big|_R^{\infty} + \frac{KQ}{E} \left(-\frac{1}{x} \right) \Big|_{\frac{5R}{6}}^R =$$

$$= KQ \left(-0 + \frac{1}{R} \right) + \frac{KQ}{E} \left(-\frac{1}{5R} + \frac{6}{5R} \right) = \frac{KQ}{R} + \frac{KQ}{5ER}$$

$$\varphi(x = \frac{5R}{6}) = \frac{KQ}{R} \left(1 + \frac{1}{5\epsilon} \right)$$

2) В дифференцике: $\frac{d\varphi}{dx} = -E(x) = -K \frac{Q}{Ex^2}$

Коэффиц. наклона касат. к графику в точке

~~$x = \frac{R}{3}$~~ $\frac{d\varphi}{dx} = \text{пометка в тетрадке}$

$$\varphi(x = \frac{R}{3}) = \frac{KQ}{R} + \frac{KQ}{E} \left(-\frac{1}{3R} + \frac{3}{R} \right) = \frac{KQ}{R} \left(1 + \frac{2}{E} \right)$$

$$\varphi(x = \frac{2R}{3}) = \frac{KQ}{R} + \frac{KQ}{E} \left(-\frac{1}{2R} + \frac{3}{2R} \right) = \frac{KQ}{R} \left(1 + \frac{1}{2E} \right)$$

на графике: $\varphi(x = \frac{R}{3}) = \frac{KQ}{R} \left(1 + \frac{2}{E} \right) = 5\varphi_0$

$$\varphi(x = \frac{2R}{3}) = \frac{KQ}{R} \left(1 + \frac{1}{2E} \right) = 4\varphi_0$$



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
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!

$$\frac{5}{4} = \frac{1 + \frac{2}{\varepsilon}}{1 + \frac{1}{2\varepsilon}} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{2\varepsilon + 4}{2\varepsilon + 1}$$

$$10\varepsilon + 5 = 8\varepsilon + 16, \quad 2\varepsilon = 11, \quad \boxed{\varepsilon = \frac{11}{2}}$$

Ответ: $\Phi(x = \frac{5R}{6}) = \frac{kQ}{R} \left(1 + \frac{1}{5\varepsilon}\right); \quad \varepsilon = \frac{11}{2} = 5,5,$

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.



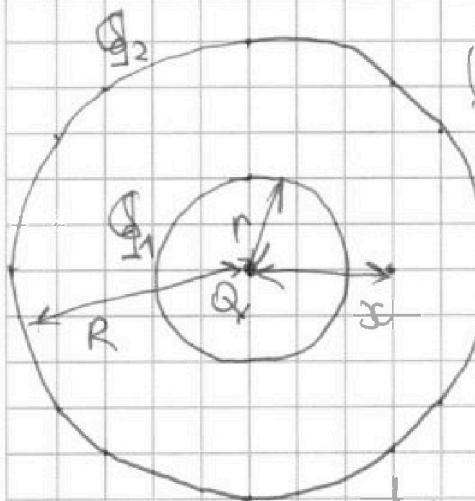
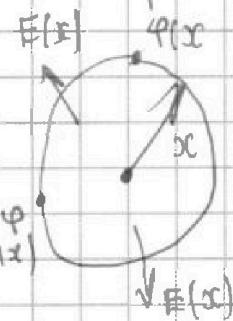
- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

$$\text{Дано: } R, R, Q, \epsilon, \varepsilon \quad 1) \Phi(x = \frac{5R}{6}) - ? \quad 2) E - ?$$

1) В силу симметрии зарядов напряженность и потенциал электр. поля на равном расст. x от Q во всех точках равны



Q_1, Q_2 - покрытия.
шells.
своб. зарядов и
диполей

$E(x) - ?$ т. Гаусса:

$$0 < x < r : E(x) \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E(x) = k \frac{Q}{x^2}$$

$$r < x < R : E(x) \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q + Q_1}{\epsilon_0}$$

$$E(x) = k \frac{Q + Q_1}{x^2}$$

Q_1 и Q_2 -

свободн. заряды

динамика

на его границах

$$R < x : E(x) \cdot 4\pi x^2 = \frac{Q + Q_1 + Q_2}{\epsilon_0}$$

$$E(x) = k \frac{Q_1 + Q_2 + Q}{x^2}$$

насе в динамике центри. в θ раз:

$$k \frac{Q + Q_1}{x^2} = k \frac{Q}{\epsilon x^2} \Rightarrow Q_1 = \frac{Q}{\epsilon} \quad Q_1 = Q \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}$$

~~$$k \frac{Q + Q_1 + Q_2}{x^2} = k \frac{Q}{\epsilon x^2} \Rightarrow Q_2 = \frac{Q}{\epsilon} - Q_1 = \frac{Q}{\epsilon}$$~~



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 type="checkbox"/> 3 | <input checked="" 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!

* Дана: $L_1 = L$, $L_2 = 16L$, $n_1 = n$, $n_2 = 4n$, S

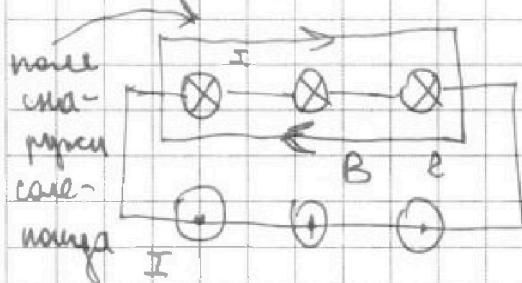
$$1) L = \frac{\Phi}{I}, I L = \Phi$$

$$\frac{L dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt}, \Phi = LI$$

для катушки $L = L_1$, $\frac{dB}{dt} \cdot S = LI$

~~$\frac{dB}{dt} S$~~

* here, соглас. током катушки, внутри седа:



т. о. циркуляции:

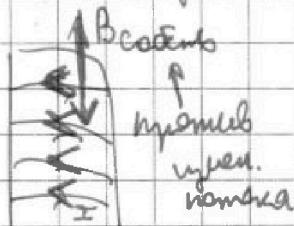
$$0 + B e = \mu_0 \frac{I}{l}$$

$$B = \mu_0 i = \mu_0 \frac{In}{R_0} = \mu_0 \frac{n}{l_0}$$

ноль

$$B_{внешн} = B = \mu_0 \frac{n}{l_0} I$$

для катушки $L_1 = L$: $\frac{dB_1}{dt} = \frac{dB_{внешн}}{dt} - \frac{dB_{состн}}{dt} =$



$$= d - \mu_0 \frac{n}{l_0} \cdot \dot{I}$$

для катушки $L_2 = 16L$:

$$\begin{aligned} \frac{dB_2}{dt} &= \frac{dB_{внешн}}{dt} + \frac{dB_{состн}}{dt} = \\ &= \mu_0 \frac{4n}{l_0} \cdot \dot{I} \end{aligned}$$

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.

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

$$L_1: \left\{ \begin{array}{l} \frac{dB_1}{dt} S = L_i \\ \left(2 - \mu_0 \frac{n}{e_0} i \right) S = -L_i \end{array} \right.$$

$$L_2: \left\{ \begin{array}{l} \frac{dB_2}{dt} S = 16L_i \\ \mu_0 \frac{4n}{e_0} i S = 16L_i \end{array} \right.$$

$$e_0 = \left(\frac{16L}{4n\mu_0} \right)^{-1} = \frac{4n\mu_0 S}{16L} = \frac{\mu_0 n S}{4L} = 4L$$

$$-L_i = 2S - \mu_0 n i \cdot \frac{16L S}{4n\mu_0} = 2S - \frac{4L i}{S}$$

$$S/L_i = dS$$

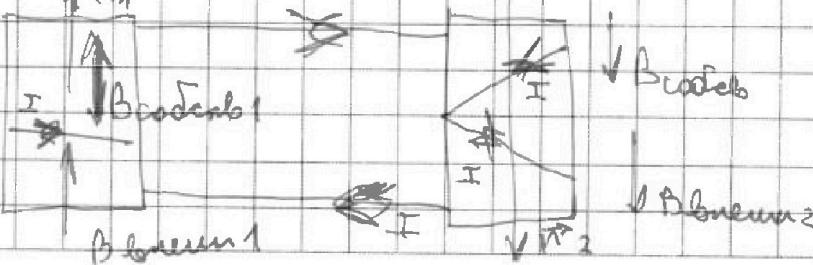
$$i = \frac{dS}{3L} \quad \text{Ответ: 1) } i = \frac{dS}{3L}$$

~~2) $L_1: \frac{dB_{\text{внешн}}}{dt} + \mu_0 \frac{n}{e_0} dI = \frac{L}{S} dI$~~

~~+ $L_2: \mu_0 \frac{4n}{e_0} dI = \frac{16L}{S} dI$~~

~~2) $\frac{dB_{\text{внешн}}}{dt} + \mu_0 \frac{n}{e_0} dI = + \frac{16L}{S} dI$~~

~~$\frac{dB_{\text{внешн}}}{dt} + \mu_0 \frac{4n}{e_0} dI = 16L dI$~~





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!

$$+ \frac{B_0}{3} - B_0 + 4L\Delta I = L\Delta I$$

$$-3B_0 + \frac{9B_0}{4} + 16L\Delta I = L_0 I \cdot 16$$



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

СТРАНИЦА
1 из 5

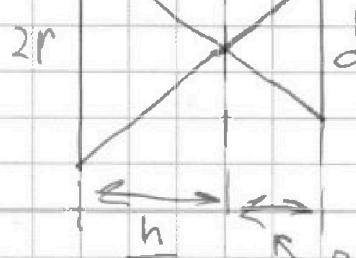
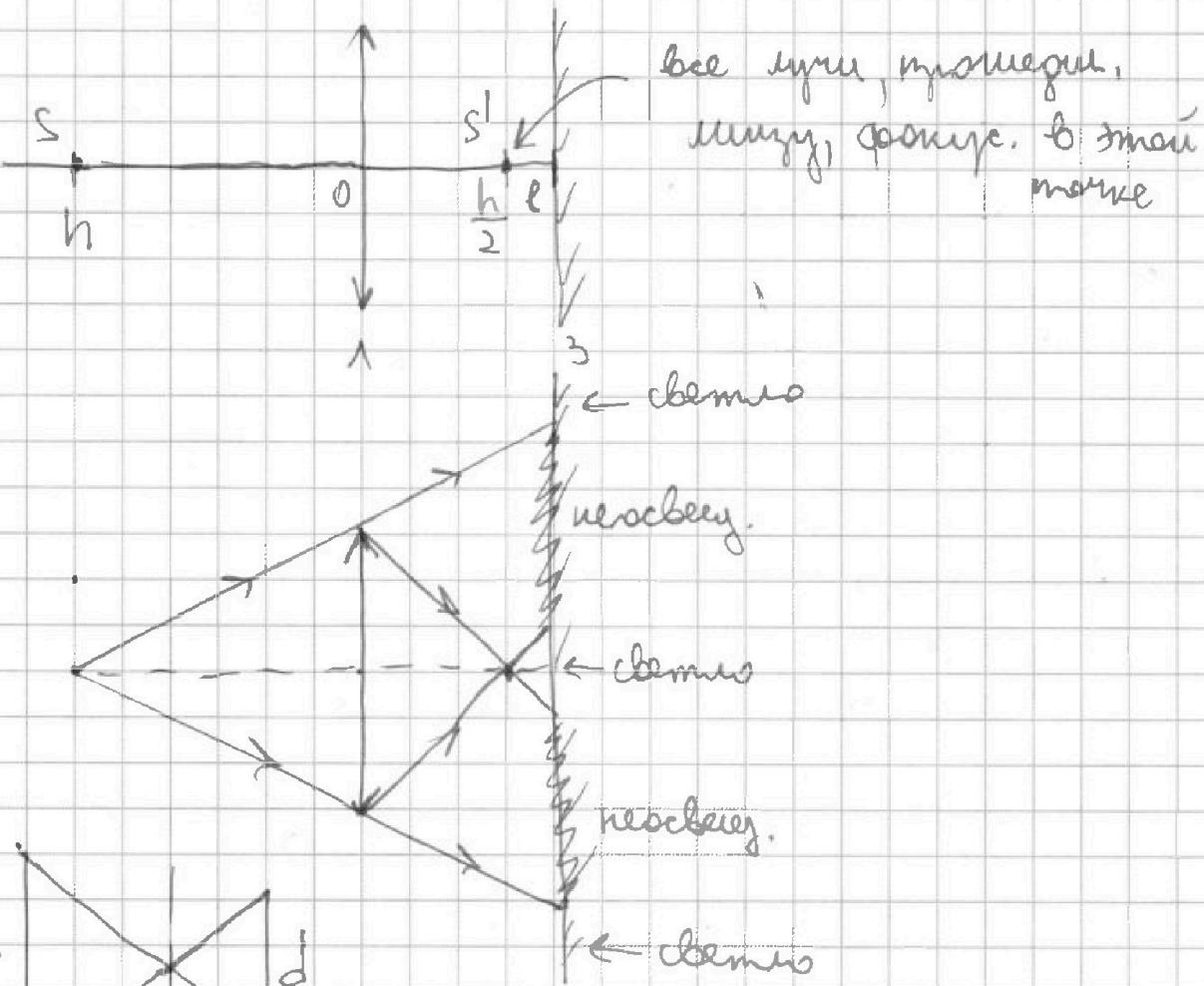
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано: h , $F = \frac{h}{3}$, $r = 5\text{ ам}$, $l = \frac{2}{3}h$ | $S_{\text{небесн}}?$

1) изображение источника в зеркале | $S_{\text{небесн}} - ?$

$$\text{р-за точк. зеркал: } \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

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



$$\text{изображение } \triangle\text{-об: } \frac{2r}{h/2} = \frac{d}{h/6}$$

$$2 - \frac{h}{2} = \frac{2h^2}{3} - \frac{h^3}{2} = \frac{4h}{6} - \frac{3h}{6} = \frac{h}{6} \quad 4r = 6d$$



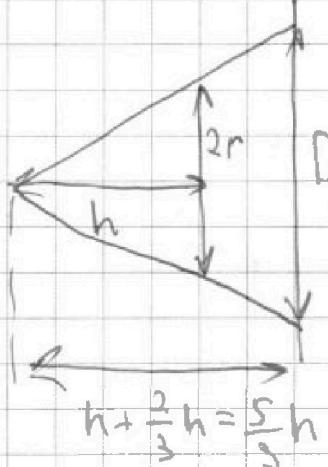
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
2 из 5

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!

$$d = \frac{2}{3} r$$



найдите D :

$$\frac{2r}{h} = \frac{D}{\frac{5}{3}h}$$

$$2r = \frac{3}{5} D$$

$$10r = 3D$$

$$D = \frac{10}{3} r$$

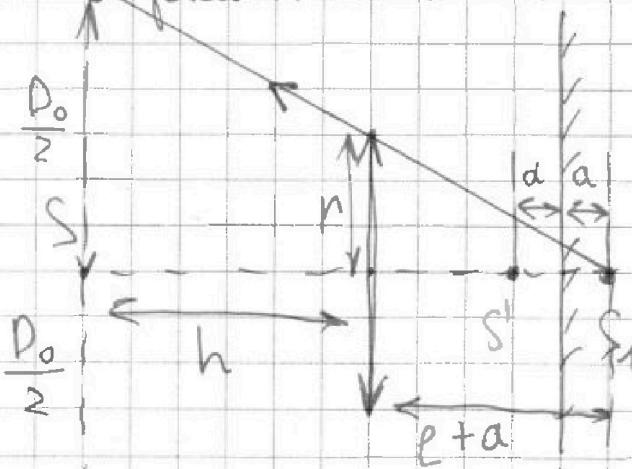
найдите неизвестную часть зеркала:

$$S_{\text{зеркало}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{100}{9} r^2 - \frac{4}{9} r^2 \right) = \\ = \frac{\pi r^2}{4} \cdot \frac{96}{9} = \frac{\pi r^2}{9} \cdot 24 = \pi r^2 \frac{8}{3} \quad (\text{так})$$

$$S_{\text{зеркало}} = \frac{8}{3} \pi (5 \text{ см})^2 = \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2$$

2) при, просадкине вторично через зеркало

испускаются излучения источниками S_1



стена

$$D_0 = 22 \text{ см}$$

$$a = l - \frac{h}{2} = \frac{h}{6}$$

$$l+a = \frac{4}{6}h + \frac{h}{6} = \frac{5}{6}h$$

найдите D :

$$\frac{D_0}{2n} = \frac{h+l+a}{l+a}$$

$$D_0 = 2n \left(\frac{6}{5} + 1 \right) = \frac{22}{5} n$$



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

СТРАНИЦА
3 из 5

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

- найдём, где располож. изображение. минимального изогнутого
- S_1 в шаре (разные вращения пренебр. шару центр):

$$\text{для такой шары: } \frac{1}{c+a} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{S_2} = -\frac{6}{5h} k + \frac{3}{h}^{15} = \frac{-6+15}{5h} = \frac{9}{5h}$$

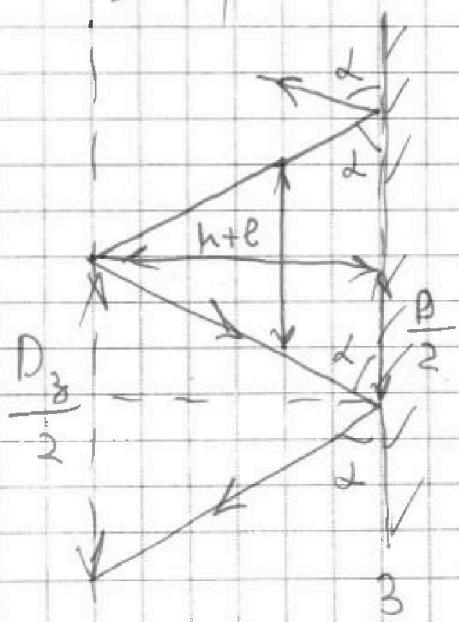
$$S_2 = \frac{5}{9} h$$

- найдём, какие линии изогиваются выше и на ступени пренебр. один раз шару - ~~один раз~~
~~минимального изогнутого~~ $D_3 = \frac{22}{5} r$, или на разу ее пренебр. изогнутое шару и отдалившимся от зеркала

$$D_3 - ?$$

$$\frac{D_3}{4} = \frac{h+l}{\tan \alpha} = \frac{D}{2}$$

$$D_3 = 2D = 2 \cdot \frac{10}{3} r = \frac{20}{3} r$$



~~$\frac{22}{5} \times \frac{10}{3}$~~

~~66×100~~

Эти линии изогиваются выше, будущая ступень изогнутое шару на стекле, создав. изогнут. с $D_3 = \frac{22}{5} r$



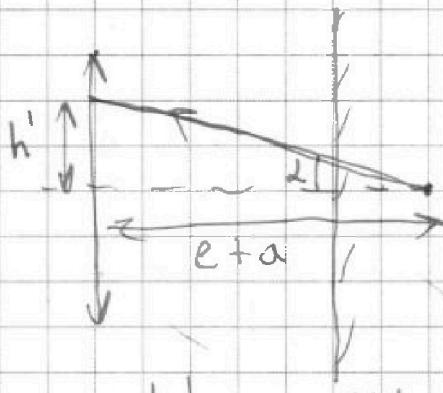
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

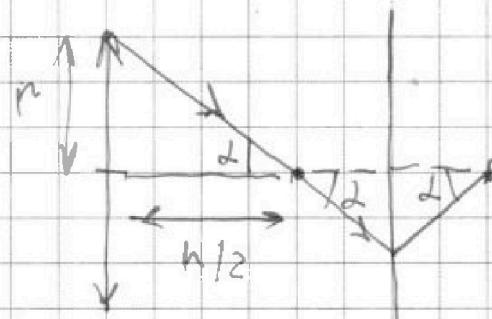
СТРАНИЦА
4 из 5

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!

Определение, могут ли люди, проходя через неё, выйти на стену, не проходя между:



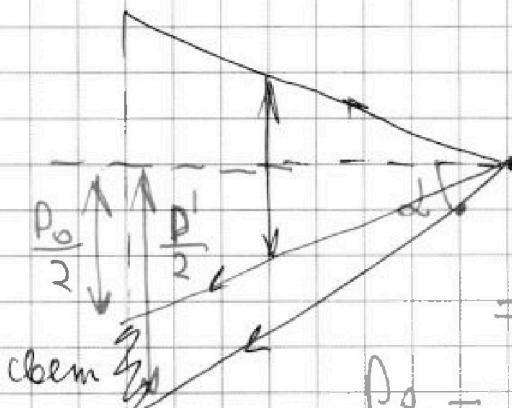
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h'}{e+a} = \frac{6h'}{5h}$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{h/2} = \frac{2r}{h}$$

$$h' = \frac{5h}{6}, \frac{2r}{h} = \frac{5}{3}r$$

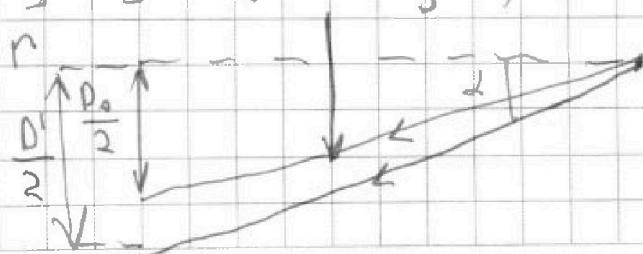
т.к. $h' > r \Rightarrow$ где, люди выйдут, не могут



$$\begin{aligned} \frac{D'}{2} &= \operatorname{tg} \alpha \cdot (h+e+a) = \\ &= \frac{2r}{h} (h+e+a) = 2r \left(1 + \frac{5}{6}\right) = \\ &= r \left(2 + \frac{5}{3}\right) = r \left(\frac{6}{3} + \frac{5}{3}\right) = \frac{11}{3}r \end{aligned}$$

$$\frac{D_0}{2} = \frac{11}{5}r, D_0 = \frac{22}{5}r, D' = \frac{11}{3}r$$

$$D' > D_0$$



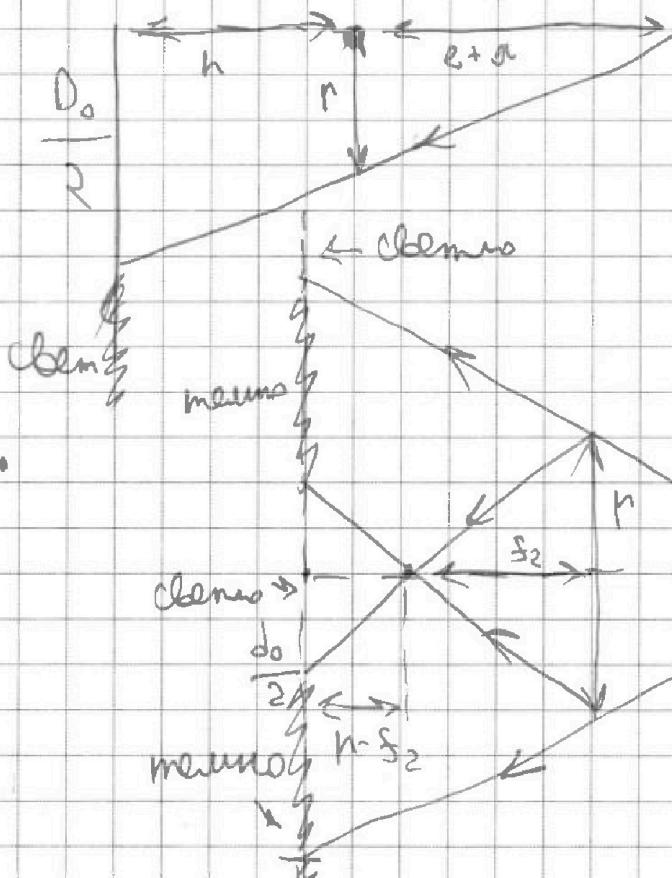
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
5 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!

\Rightarrow начальная с $\frac{P_0}{2}$, стена освещена



$$\frac{d_0}{2(h-f_2)} = \frac{r}{f_2}$$

$$d_0 = 2 \left(\frac{h}{f_2} - 1 \right) r =$$

$$= 2 \left(\frac{9h}{5h} - 1 \right) r = \frac{8}{5} r$$

$$\therefore d_0 = 8 \text{ см}$$

свет
х | ионизирующее излучение. части стени:

$$S_{\text{некоб.2}} = \frac{\pi P_0^2}{4} - \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{\pi}{4} (P_0^2 - d_0^2) = \frac{\pi}{4} (22^2 - 8^2) \text{ см}^2 = \\ = 105 \pi \text{ см}^2 (121 - 16) = 8105 \pi \text{ см}^2$$

Ошибки: $S_{\text{некоб.1}} = \frac{200}{3} \pi \text{ см}^2$, $S_{\text{некоб.2}} = 105 \pi \text{ см}^2$

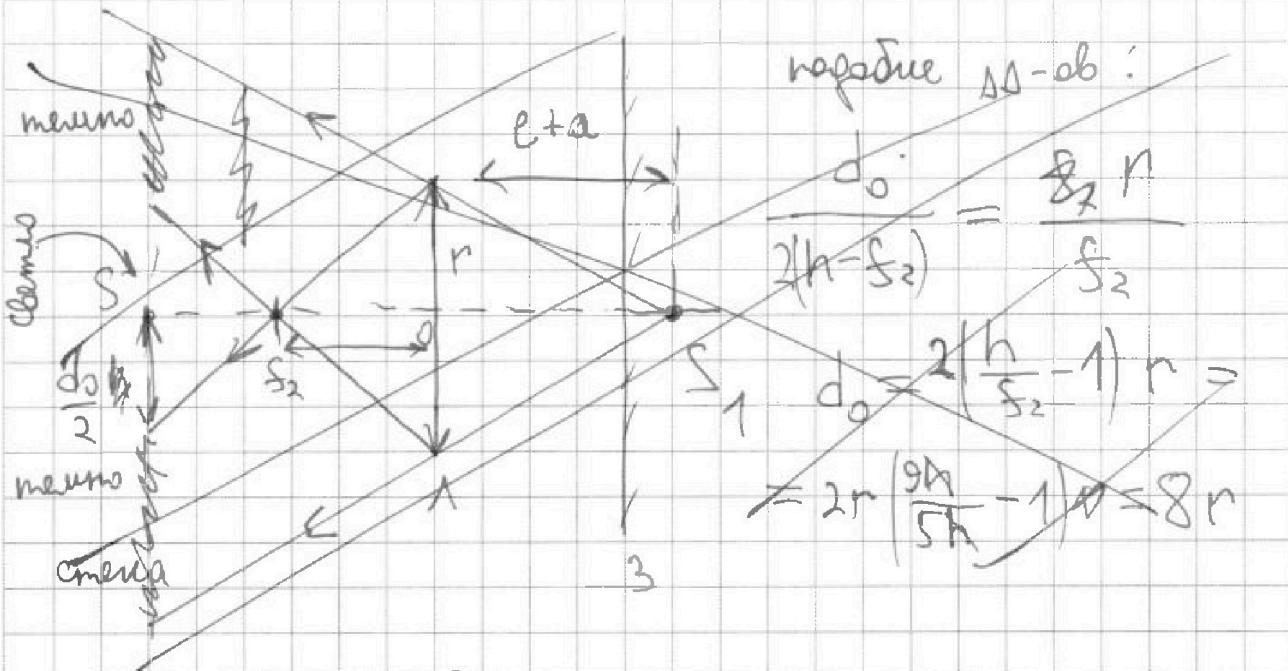


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
Ч из

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



найдите неосвещённой части стены:

$$S_{\text{неосв2}} = \frac{\pi R_0^2}{4} - \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{22^2}{5^2} r^2 - 64r^2 \right) =$$

$$= \frac{\pi r^2}{4} \left(\frac{121 \cdot 4}{25} - 16 \cdot 4 \right) = \pi r^2 \left(\frac{121}{25} - 16 \right) =$$

$$= \pi r^2 \frac{121 - 16 \cdot 25}{25} = \pi r^2 \frac{121 - 400}{25}$$