



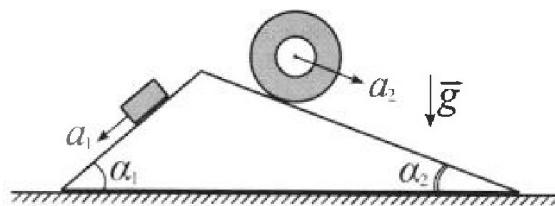
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (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.

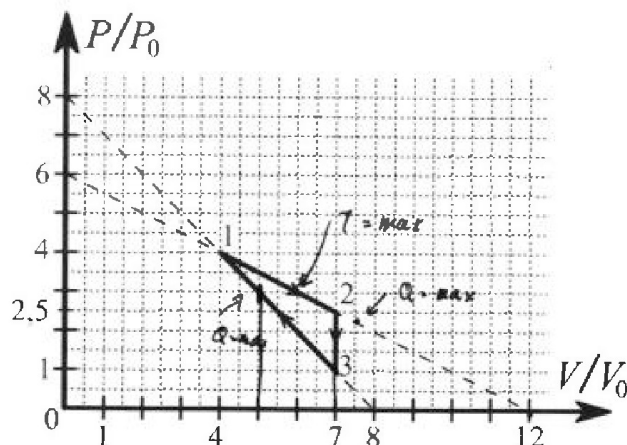


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

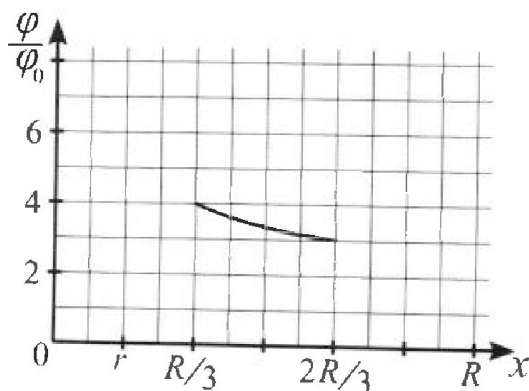
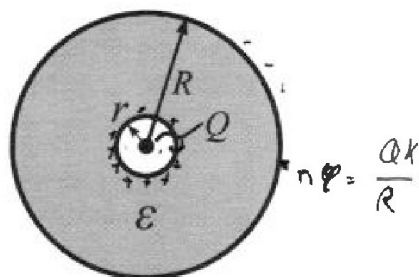
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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





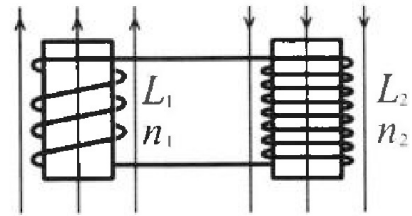
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

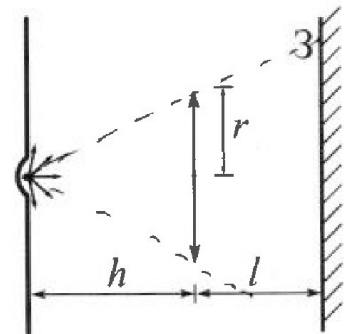


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись 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  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



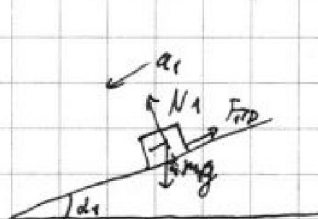
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

1)



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

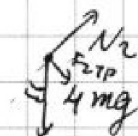
$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{TP}$$

$$F_{TP} = \frac{3}{5} mg - \frac{5}{13} mg = \frac{39-25}{65} mg = \frac{14}{65} mg$$

2)



Поскольку цилиндр не проскальзывает, точка опоры неподвижна, следовательно, сила трения может быть направлена в любую сторону.



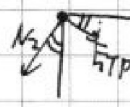
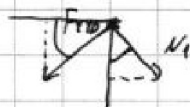
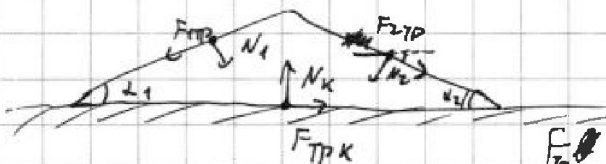
$$N_2 = \cos \alpha_2 \cdot 4mg = \frac{48}{13} mg$$

$$F_{TP} + 4mg \sin \alpha_2 = 4ma_2$$

$$F_{TP} = 4 \cdot m \cdot \frac{5}{24} g - 4 \cdot m g \cdot \frac{5}{13} = mg \frac{5}{6} - mg \frac{20}{13} = mg \frac{65-120}{78} = -\frac{55}{78} mg$$

на самом деле  $F_{TP}$  направлена вверх (к вершине клина)

3)



Клинок покажется, ускорит,

$$F_{TPK} = F_{TP1} \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_{TP2} \cos \alpha_2$$

$$F_{TPK} = \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} mg + \frac{48}{13} \cdot \frac{5}{13} mg - \frac{12}{13} \cdot \frac{55}{78} mg = mg \left( \frac{56}{13 \cdot 25} - \frac{12}{25} + \frac{240}{13^2} - \frac{660}{13^2 \cdot 6} \right) = mg \left( \frac{56-156}{13 \cdot 25} + \frac{1440-660}{13^2 \cdot 6} \right) =$$



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!

$$= mg \left( -\frac{100}{13 \cdot 25} + \frac{180}{13 \cdot 6} \right) = mg \left( -\frac{4}{13} + \frac{10}{13} \right) = \boxed{\frac{6}{13} mg}$$

Ответ: 1)  $\frac{14}{65} mg$ ; 2)  $\frac{55}{48} mg$ ; 3)  $\frac{6}{13} mg$



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.

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!

$$1) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \Delta(PV) = \frac{3}{2} V \Delta P = \frac{3}{2} \cdot 7V_0 \cdot (-1,5) P_0$$

$$A = \int_{123} = \frac{1}{2} \cdot 1,5 P_0 \cdot 3 V_0 = 2,25 P_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 7V_0 \cdot 1,5 P_0}{\frac{1}{2} \cdot 1,5 P_0 \cdot 3 V_0} = \boxed{4}$$

2) Пусть задана функция  $P(V) = \alpha(V_0 - V)$ , где  $\alpha > 0$ ,  $V_0 > 0$ .

Это прямая с отрицательным наклоном, проходящая через

$(V_0; 0)$ . Тогда  $T(V) = \frac{PV}{\nu R} = \frac{\alpha(VV_0 - V^2)}{\nu R}$  - парабола с ветвями вниз,

её вершина  $= V^* = \frac{V_0}{2}$ ; тогда для прямой вида

$P(V) = \alpha(V_0 - V)$  точка максимальной температуры  $\frac{V_0}{2}$ .

Прямая 1-2 имеет вид  $\frac{P}{P_0} = \frac{1}{2} \left( 12 - \frac{V}{V_0} \right)$ ; тогда

$P = \frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} (12V_0 - V)$ , тогда максимум температуры -  $V = 6V_0$ , точка (6; 3)

$$T_{\max} = \frac{6V_0 \cdot 3P_0}{\nu R_4}; \quad T_1 = \frac{4V_0 \cdot 4P_0}{\nu R};$$

$$\frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{6 \cdot 3}{4 \cdot 4} = \frac{18}{16} = \boxed{\frac{9}{8}}$$

3) Пусть задана функция  $P(V) = \alpha(V_0 - V)$  (точно же, как в (2))

Рассмотрим выражение  $P \cdot V^{\frac{5}{3}}$ .

$P V^{\frac{5}{3}} = \text{const}$  - уравнение адиабаты (для 1-атомных газов), следовательно,

если  $(P V^{\frac{5}{3}})$  возрастает, то газ получает тепло снаружи,

если убывает - то отдает.



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!

$$P V^{\frac{5}{3}} = \alpha (V_0 \cdot V^{\frac{5}{3}} - V^{\frac{5}{3}});$$

$$(P V^{\frac{5}{3}})'_V = \alpha (V_0 \cdot \frac{5}{3} V^{\frac{2}{3}} - \frac{5}{3} V^{\frac{2}{3}});$$

Сравним производную с 0.

$$\alpha (V_0 \cdot \frac{5}{3} V^{\frac{2}{3}} - \frac{5}{3} V^{\frac{2}{3}}) = 0; \quad \alpha > 0, \quad V^{\frac{2}{3}} > 0; \quad \text{тогда}$$

$$(5V_0 - 5V) V^{\frac{2}{3}} = 0$$

$$(5V_0 - V) V^{\frac{2}{3}} = 0;$$

Если  $V < \frac{5}{5} V_0$ , то производная  $> 0 \Rightarrow P V^{\frac{5}{3}}$  возрастает при  $V \uparrow \Rightarrow$  газ получает тепло

$V = \frac{5}{5} V_0$  - точка касания адиабаты

$V > \frac{5}{5} V_0 \Rightarrow$  газ отдаёт тепло (если  $V \uparrow$ )

Тогда выразим 1-2 точка касания  $\frac{5}{5} \cdot 12 = 7,5$ , что находится

за точкой 2  $\Rightarrow$  газ всё время получает тепло

В процессе 3-1 т. касания  $\frac{5}{5} \cdot 8 = 5$ , процесс идёт при убывании  $V \Rightarrow$

газ получает тепло при  $V$  от  $7V_0$  до  $5V_0$ .

Процесс 2-3 - изохорный, тепло отдаётся.

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (7 \cdot 2,5 - 4 \cdot 4) P_0 V_0 + 3V_0 \cdot \frac{P_0 (4 + 7,5)}{2} = \frac{3P_0 V_0}{4} (35 - 32 + 8 + 5) = \frac{3}{4} P_0 V_0 \cdot 16 = 12 P_0 V_0$$

$$Q_{31}^+ = \frac{3}{2} (5 \cdot 5 - 7) P_0 V_0 - 2V_0 \cdot P_0 \left( \frac{7+5}{2} \right) = \frac{V_0 P_0}{2} (45 - 21 - 8) = \frac{V_0 P_0}{2} \cdot 16 = 8 V_0 P_0$$

$$Q^+ = 20 V_0 P_0; \quad A = 2,25 P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{9}{20} = \boxed{\frac{9}{20}}$$

Ответ: 1) 1; 2)  $\frac{9}{8}$ ; 3)  $\frac{9}{80}$

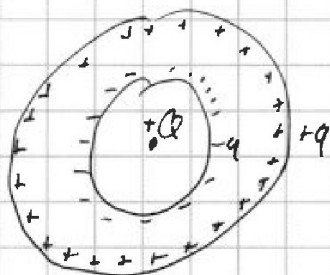


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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



Рассмотрим электрическое поле.

1) Поскольку система симметрична относительно центра, все поле и заряды также симметричны.

Внутри полости нарастающим  $x$  от центра ( $x < r$ )

$$E = \frac{kQ}{x^2}$$

Внутри шара нарастающим  $x$  ( $r < x < R$ )

$$E = \frac{k(Q-q)}{x^2}; \quad \text{с другой стороны, т.к. шар имеет диэл. кер. } \epsilon,$$

$$E = \frac{kQ}{\epsilon x^2} \Rightarrow \frac{Q}{\epsilon} = Q - q \Rightarrow q = Q(1 - \frac{1}{\epsilon}).$$

Снаружи шара ( $x > R$ )  $E = \frac{kQ}{x^2}$

$$\text{Потенциал сферы } \varphi = \begin{cases} \frac{kQ}{x}, & \text{если } x \geq R \\ \frac{kQ}{R}, & \text{если } x \leq R \end{cases}, \quad \text{где } Q - \text{заряд сферы, } R - \text{радиус.}$$

Тогда  $\varphi(x)$  общий потенциал системы равен:

$$\varphi = \frac{kQ}{x}, \quad \text{если } x \geq R$$

$$\varphi = \frac{kq}{R} + \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x}, \quad \text{если } r \leq x < R; \quad \varphi = \frac{kQ(1 - \frac{1}{\epsilon})}{R} + \frac{kQ}{\epsilon x} = kQ \left( \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} + \frac{1}{\epsilon x} \right)$$

$$\varphi = \frac{kq}{R} + \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{r}, \quad \text{если } x < r. \quad \varphi = kQ \left( \frac{1}{x} + (1 - \frac{1}{\epsilon}) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \right)$$

$$\text{т.о., если } r \leq \frac{R}{4}, \quad \text{то } \varphi = kQ \left( \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} + \frac{4}{\epsilon R} \right) = kQ \left( \frac{5\epsilon - 1}{\epsilon R} \right);$$

$$\text{иначе } \varphi = kQ \left( \frac{4}{R} + (1 - \frac{1}{\epsilon}) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \right)$$



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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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. Порча QR-кода недопустима!

2) Из графика мы видим, что  $\frac{R}{3} > r$ , тогда

$$\varphi_1 = kQ \left( \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} + \frac{3}{\epsilon R} \right)$$

$$\varphi_2 = kQ \left( \frac{1 - \frac{1}{\epsilon}}{R} + \frac{3}{2\epsilon R} \right)$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{4}{3} = \frac{1 - \frac{1}{\epsilon} + \frac{3}{\epsilon}}{1 - \frac{1}{\epsilon} + \frac{3}{2\epsilon}} = \frac{1 + \frac{2}{\epsilon}}{1 + \frac{\epsilon}{2}}$$

$$4 + \frac{2}{\epsilon} = 3 + \frac{6}{\epsilon}; \quad 4 + \frac{2}{\epsilon} = 3 + \frac{6}{\epsilon}$$

$$1 = \frac{4}{\epsilon}; \quad \boxed{\epsilon = 4}$$



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

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!

Рассмотрим произвольный контур из ~~структуры~~ катушек и проводов с пренебрежимо маленькими сопротивлениями. Введём положительное направление обхода и согласно ему посчитаем суммарный поток  $\Phi$ .

Пусть за время  $dt \rightarrow 0$  поток катушек изменился на

$d\Phi_1, d\Phi_2, d\Phi_3, \dots, d\Phi_n$ . Рассмотрим сумму  $\sum d\Phi_i$ :

$d\Phi_1 + d\Phi_2 + \dots + d\Phi_n$ ; поделим на  $dt$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} + \dots + \frac{d\Phi_n}{dt} = -u_1 - u_2 - u_3 - \dots - u_n = 0, \text{ т.к. контур замкнут.}$$

Тогда  $d\Phi_1 + d\Phi_2 + \dots + d\Phi_n = 0$ , значит суммарный  $\Phi$  - постоянен.

$$\Phi_0 = B_1 S_1 + B_2 S_2 = B_1 n S + 2 B_2 n S$$

$$\Phi_1 = (B_1 + \Delta B) S_1 + B_2 S_2 = B_1 n S + \Delta B n S + 2 B_2 n S + I L_1 + I L_2 =$$

$$= \Phi_0 + \Delta B n S + I \cdot 2L = \Phi_0; \quad |I| = \frac{\Delta B n S}{5L};$$

$$\frac{|I|}{\Delta B} = \frac{\Delta B}{\Delta B} \cdot \frac{n S}{5L} = \frac{2 n S}{5L}$$

$$\Phi_0 = B_1 n S + 2 B_2 n S = B_0 n S + 4 B_0 n S = 5 B_0 n S$$

$$\Phi_2 = \frac{1}{2} B_0 n S + \frac{4}{3} B_0 n S + I L_1 + I L_2 = \frac{11}{6} B_0 n S + 5 I L = \Phi_0$$

$$5 I L = \frac{30 - 11}{6} B_0 n S = \frac{19}{6} B_0 n S$$

$$I = \frac{19}{30} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$$

Ответ: 1)  $\frac{2 n S}{5L}$ ; 2)  $\frac{19}{30} \cdot \frac{B_0 n S}{L}$

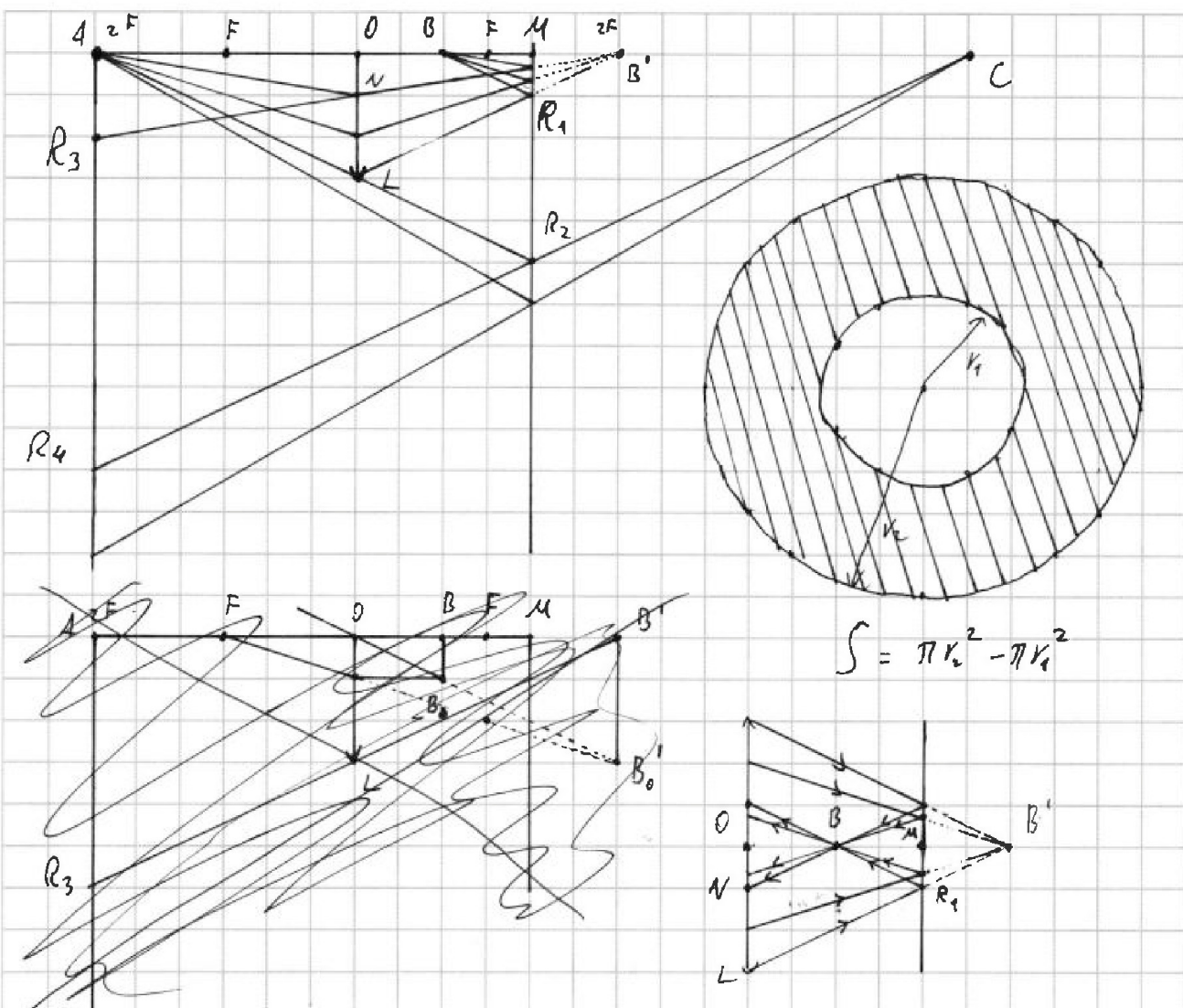


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$S = \pi r_2^2 - \pi r_1^2$$

Пусть  $x = \frac{1}{6}h$ . Тогда  $h = 6x$ ,  $F = 3x$ ,  $e = 4x$  (на рисунке 1 клетка по горизонтали равна  $x$ ).

Построим изображение источника  $A$  в линзе. П.к. он находится в двойном фокусе, изображение точки окажется в двойном фокусе — точка  $B'$  за зеркалом. К точке  $B'$  пойдут только те лучи, которые прошли через линзу, тогда они попадут в круг с центром  $M$  и радиусом  $MR_1$ .



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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

$\triangle B'MR_1 \sim \triangle B'OL$ , т.к. все их стороны попарно параллельны, ~~тогда~~

$$\frac{B'M}{B'O} = \frac{MR_1}{OL}$$

$$MR_1 = \frac{B'M}{B'O} \cdot OL = \frac{2F - r}{2F} \cdot r = \frac{2x}{6x} r = \frac{r}{3} = 1 \text{ см}$$

Лучи, проходящие мимо линзы, попадут вне круга  $MR_2$ .

$\triangle ALO \sim \triangle AR_2M$ , тогда  $\frac{AO}{AM} = \frac{OL}{MR_2}$ ;  $MR_2 = OL \cdot \frac{AM}{AO}$

$$MR_2 = r \cdot \frac{10x}{6x} = \frac{5}{3} r = 5 \text{ см.}$$

Тогда несвещенная часть зеркала имеет площадь

$$S = \pi(MR_2^2 - MR_1^2) = \pi(5^2 - 1^2) = 24\pi \text{ см}^2$$

Лучи, которые ~~идут~~ идут от  $A$  и через линзу отражаются от

зеркала и ~~еще~~ пересекутся в точке  $B$ , после чего опять попадут

на линзу. Точки  $B$  ~~равны~~ Точки  $B$  и  $B'$  равноудалены от зеркала,

тогда  $B$  находится ровно посередине между линзой и зеркалом.

Тогда лучи, отразившиеся от ~~окружности~~ <sup>круга</sup> радиусом  $MR_1 = 1 \text{ см}$  попадут на линзу кругом такого же радиуса.

Используя формулу тонкой линзы, чтобы найти изображение  $B$ , построим мнимое изображение:

$$\frac{1}{3x} = \frac{1}{2x} + \frac{1}{y}; \quad y = -6x - \text{это точка } B'$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 3

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

Тогда эти лучи поведут себя так, как будто они вышли из точки  $B'$  и прошли через центр  $ON$  перпендикулярно стене, осветив круг  $AR_3$ .

$$\triangle B'ON \sim \triangle B'AR_3, \text{ тогда } \frac{AR_3}{ON} = \frac{B'A}{B'O}$$

$$AR_3 = ON \cdot \frac{B'A}{B'O} = 1 \text{ см} \cdot 2 = 2 \text{ см}$$

Лучи, которые изначально прошли мимо линзы, отражаясь от зеркала и попадут на стену вне круга  $AR_4$ .

Отметим  $C$  - изображение  $A$  в зеркале. Тогда

$$\triangle CAR_4 \sim \triangle CMR_2, \text{ тогда } \frac{AR_4}{MR_2} = \frac{CA}{CM}$$

$$AR_4 = MR_2 \cdot \frac{CA}{CM} = 5 \text{ см} \cdot 2 = 10 \text{ см}$$

Тогда неосвещенная часть стены имеет площадь

$$S = \pi(10^2 - 2^2) = \boxed{96 \pi \text{ см}^2}$$

Ответ; 1)  $24 \pi \text{ см}^2$ ;  
2)  $96 \pi \text{ см}^2$

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!

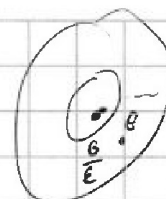
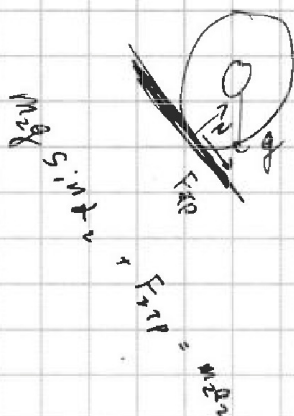


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
из

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



Черновик

$$E = \frac{kQ}{d^2} - \frac{kq}{d^2} = \frac{k}{d^2} \cdot (Q - q)$$

$$Q \rightarrow Q - q$$

$$Q \rightarrow \frac{Q}{\epsilon}$$

$$Q = \epsilon Q - q$$

$$\epsilon q = \epsilon Q - Q$$

$$q = Q \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} = Q \cdot \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$



$$U_A = \frac{kQ}{d\epsilon} + \frac{kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$\frac{\frac{kQ}{\frac{R}{3}\epsilon} + \frac{kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{\frac{kQ}{\frac{2R}{3}\epsilon} + \frac{kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{\frac{3}{\epsilon} + 1 - \frac{1}{\epsilon}}{\frac{3}{2\epsilon} + 1 - \frac{1}{\epsilon}} = \frac{2}{1} + 1$$

$$\frac{2}{\epsilon} + 4 = \frac{6}{\epsilon} + 3$$

$$\frac{4}{\epsilon} = 1 \Rightarrow \boxed{\epsilon = 4}$$



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  
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!

$$A = 1,5 P_0 \cdot 3 V_0 \cdot \frac{1}{2} = 1,5 P_0 V_0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta(PV) \quad \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$$

$$A = \int P dV$$

$$(\Delta U)_{23} = \frac{3}{2} \cdot \Delta(PV) = \frac{3}{2} \cdot V_0 \Delta P = \frac{3}{2} \cdot 7 V_0 \cdot 1,5 P_0$$

$$P V^\gamma = \text{const}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 1,5}{1,5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2}} = 7$$

$$P \cdot V^{n-1} dV + V^n dP = 0$$

$$n P dV + V dP = 0$$

$$P = 2 \cdot (V_0 - V)$$

$$P = 2 \cdot (12 - V), \quad (n-1) P dV + V dP + P dV_0$$

$$P = \frac{1}{2} (12 - V) \quad (n-1) \cdot A + \Delta U_{23} = 0$$

$$V P dT = 0$$

$$PV = \nu RT$$

$$T = \frac{1}{\nu R} \cdot V \cdot (V_0 - V) = \frac{1}{\nu R} \cdot (-V^2 + V V_0), \quad V^* = \frac{V_0}{2}$$

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{2} \left( 12 - \frac{V}{V_0} \right) \quad | \cdot P_0 V_0$$

$$P V_0 = \frac{1}{2} P_0 \cdot (12 V_0 - V)$$

$$Q = C_V \nu dT$$

$$P = \left[ \frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \right] \cdot (12 V_0 - V)$$

$$(n-1) A + \nu R dT = 0$$

$$P \cdot V^{\frac{5}{3}} = \text{const}$$

$$\frac{5}{3} P V^{\frac{2}{3}} dV + V^{\frac{5}{3}} dP = 0$$

$$(n-1) \cdot A + \frac{2}{1} \Delta U = 0$$

$$A = \frac{2}{n-1} \Delta U$$

$$5 P dV + 3 V dP = 0$$

$$Q = \Delta U \cdot \left( 1 - \frac{2}{i(n-1)} \right)$$

$$2 P dV + 3 d(PV) = 0$$

$$dT \nu C = \frac{1}{2} \nu R dT \left( 1 - \frac{2}{i(n-1)} \right)$$

$$2 A + 3 \Delta U = 0$$

$$C = R \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{i(n-1)} \right)$$

$$\Delta U = A$$

Q

$$\frac{R}{n-1} = \frac{R_i}{2} - C$$

$$\frac{n-1}{R} = \frac{2}{R_i - 2C}$$

$$n-1 = \frac{2R}{R_i - 2C}$$

$$n = \frac{2R + R_i - 2C}{R_i - 2C} = \frac{2(1 + \frac{1}{2}) - C}{R \frac{1}{2} - C}$$



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  
☐

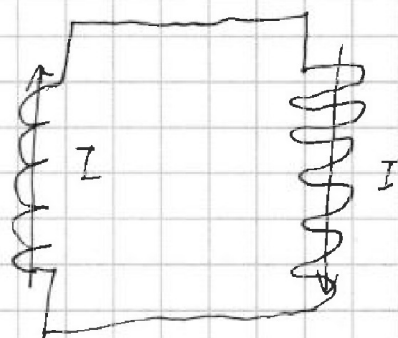
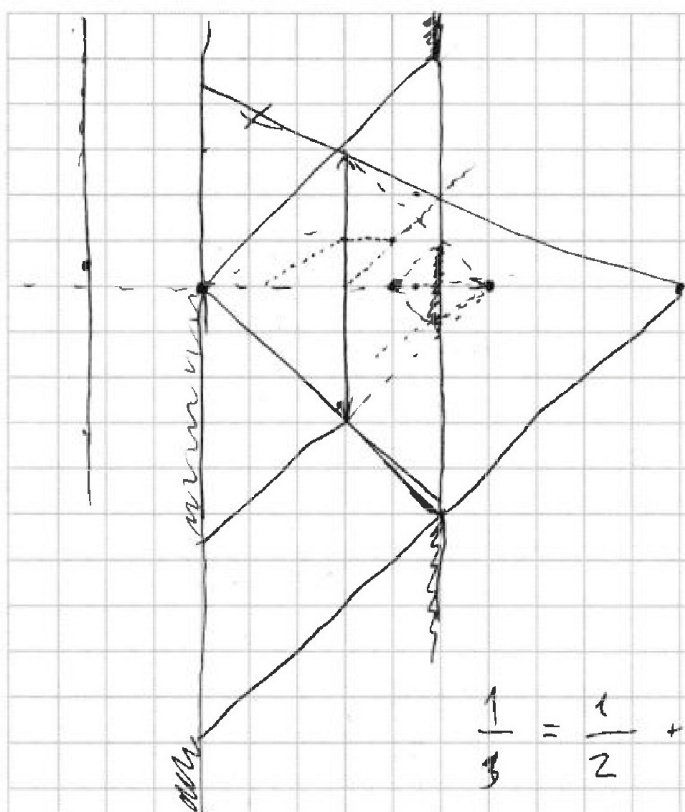
5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

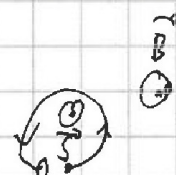
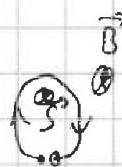
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{1}{3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{3} - \frac{1}{2} = -\frac{1}{6}$$

$$x = -6$$



$$\Phi = IL$$

$$\Phi_0 = S_1 \cdot B_1 + S_2 \cdot B_2$$

$$\Phi_1 = S_1 \cdot B_1 + S_1 \cdot \Delta B + S_2 \cdot B_2 + \Delta IL_1 + \Delta IL_2 = S_1 B_1 + S_2 B_2$$

$$S_1 \cdot \Delta B = \Delta I (L_1 + L_2)$$

$$\Delta I = \frac{S_1}{L_1 + L_2} \cdot \Delta B$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{S_1}{L_1 + L_2} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{S_1}{L_1 + L_2} \cdot \alpha$$