



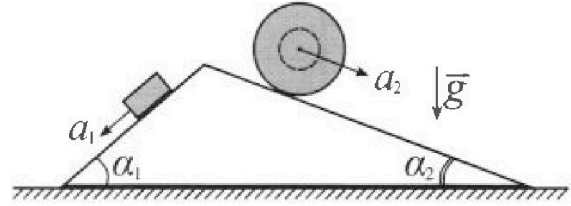
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

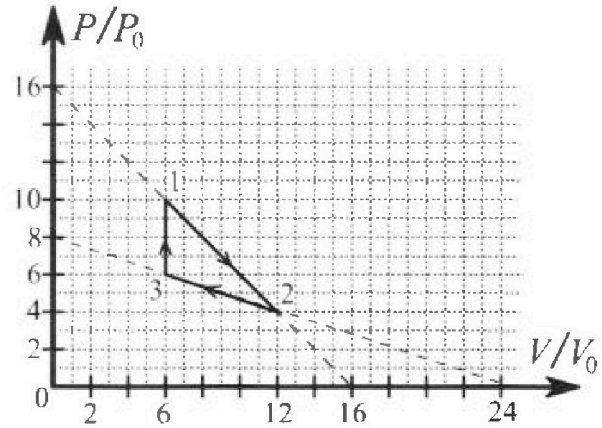
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) 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 выразит ь 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.

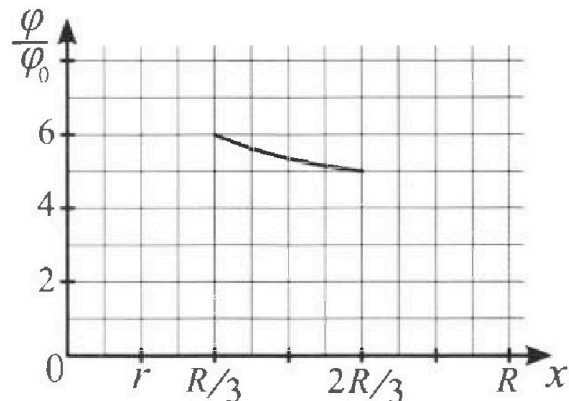
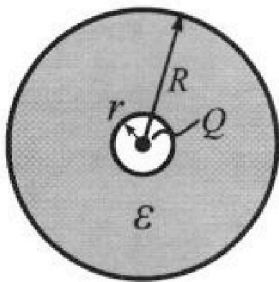


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  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.

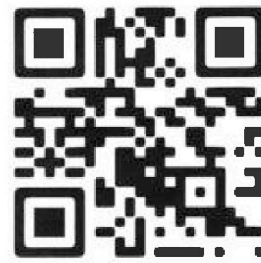
- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



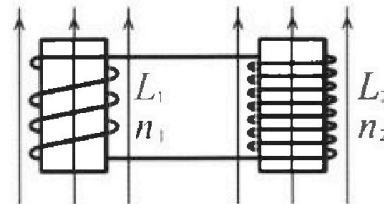
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

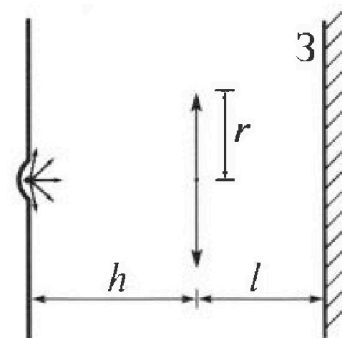


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 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  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , 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  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  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!

Дано:

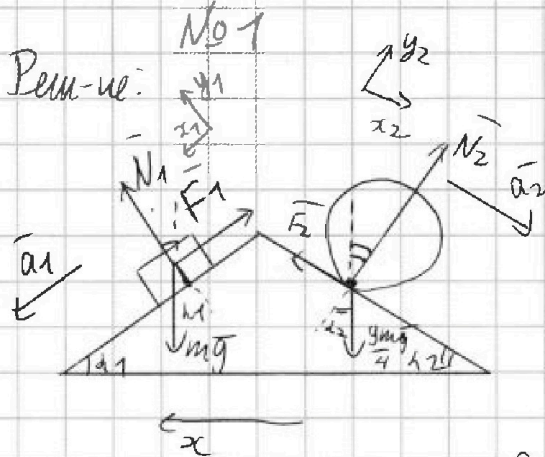
$$a_1 = \frac{5g}{14}$$

$$a_2 = \frac{8g}{24}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

Реш-ие:



1) Направим

$Ox_1$  вдоль на-м-м

$Oy_1$  (-по на-м-м)

По 2-3-и:

$$Ox_1: ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1, F_2, F_3? \Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{14} \right) = \frac{26}{85} mg$$

2) Аналогично направим  $Ox_2$  и  $Oy_2$ :  
по x-му направлению без трения  $F_2 = F_{\text{тр.н.}}$

$$\text{По 2-3-и: } Ox_2: \frac{9m}{4} a_2 = \frac{9mg}{4} \sin \alpha_2 - F_2$$

$$\Rightarrow F_2 = \frac{9m}{4} (g \sin \alpha_2 - a_2) = \frac{9m}{4} g \left( \frac{8}{17} - \frac{8}{24} \right) = \frac{20}{51} mg$$

3) По 3-му H-на на крив  $\sqrt{g}$ -уют шкив:  
в пр-ки на шкив-е  $Ox_3$

$$-N_{2x}, -N_{1x}, -F_{1x}, -F_{2x}$$

$$\text{Крив пох-м-е} \Rightarrow -N_{2x} - N_{1x} - F_{1x} - F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\Rightarrow F_{3x} = N_{2x} + N_{1x} + F_{1x} + F_{2x}$$

$$Oy_1: N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg \Rightarrow N_{1x} = \frac{4}{5} mg \sin \alpha_1 = \frac{12}{25} mg$$

$$Oy_2: N_2 = \frac{9mg}{4} \cos \alpha_2 = \frac{15 \cdot 9 mg}{17 \cdot 4} \Rightarrow N_{2x} = -\frac{15 \cdot 9 mg}{17} \sin \alpha_2 = -\frac{15 \cdot 9 \cdot 8}{17 \cdot 4 \cdot 17} mg$$



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  
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!

$$F_{1x} = -F_1 \cos \alpha_1 = -\frac{26}{85} \text{ мН} \cdot \frac{4}{5}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = \frac{20}{51} \text{ мН} \cdot \frac{15}{17}$$

$$F_{3x} = -\frac{15}{17} \cdot \frac{9}{4} \cdot \frac{8}{17} \text{ мН} + \frac{12}{25} \text{ мН} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} \text{ мН} + \frac{15 \cdot 20}{17 \cdot 51} \text{ мН}$$

$$= -\frac{6}{17} \text{ мН} \Rightarrow F_3 = \frac{6}{17} \text{ мН}$$

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{26}{85} \text{ мН}; F_2 = \frac{20}{51} \text{ мН}; F_3 = \frac{6}{17} \text{ мН}$$



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!

№2

Дано:  
см. ур-к

Реш-ие:

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

$A_{1231}$

$\frac{T_m}{T_3}$  - ?

$\eta$  - ?

1) По ур-но Клат.- Менг.:  $\sqrt{RT_2} = 48 p_0 V_0$  (по ур-ю)  $\Rightarrow$

$$\sqrt{RT_1} = 60 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{RT} (T_2 - T_1) = -18 p_0 V_0$$

$$A_{1231} = S \text{ ур-ка.} = S_{\Delta\text{-ка}}$$

$\Delta$ -к с высотой  $6 V_0$  и осм-нем  $4 p_0$   $\Rightarrow$

$$\Rightarrow A_{1231} = \frac{1}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 p_0 = 12 p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{1231}} = \frac{18}{12} = \frac{3}{2}$$

2) По ур-ку пр-е 1-2 задаётся ур-ном:

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 16 \Rightarrow p = -\frac{p_0}{V_0} V + 16 p_0$$

$$pV = \sqrt{RT} \Rightarrow -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \sqrt{RT}$$

квадрат. завис-ть  $\Rightarrow T_m$  в макс  $V = \frac{-16 p_0 V_0}{-2 p_0} = 8 V_0$

$$-p_0 \cdot 64 V_0 + 128 p_0 V_0 = 64 p_0 V_0 = \sqrt{RT_m} \Rightarrow 8 V_0$$

$$\sqrt{RT_3} = 36 p_0 V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_m}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

3)  $Q_{31} = \Delta U_{31}$ , м.к. 31-узлов  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{31} = \frac{36}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = 4 p_0 V_0$$



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

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!

№ 2

Найдем, где в процессе 1-2 газу подводим тепло

$$dQ = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$p = -\frac{p_0}{V_0} V + 16 p_0$$

$$-\frac{p_0}{V_0} V^2 + 16 p_0 V = \nu R T \Rightarrow \left(-\frac{2 p_0}{V_0} V + 16 p_0\right) dV = \nu R dT$$

$$\Rightarrow dQ = \left(\frac{3}{2} \left(-\frac{2 p_0}{V_0} V + 16 p_0\right) + 16 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V\right) dV =$$

$$= (40 p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V) dV > 0 \Rightarrow 40 p_0 > \frac{4 p_0}{V_0} V \Rightarrow$$

$\Rightarrow V < 40 V_0 \Rightarrow$  Тепло подводим на участке

$$6 V_0 - 10 V_0, \text{ по графику при } V = 6 V_0, p = 6 p_0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = 0$$

$$W = S_{\text{прямог.}} = \frac{16 p_0 + 6 p_0}{2} \cdot 4 V_0 = 32 p_0 V_0$$

$$Q_+ = W + Q_{31} = 32 p_0 V_0 + \frac{40 p_0 V_0}{36} = 80 p_0 V_0 + 68 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{W}{Q_+} = \frac{32}{80 + 68} = \frac{32}{148} \approx 21.6\%$$

Ответ:  $\frac{W}{Q_+} = \frac{3}{21}$ ;  $\frac{W}{Q_+} = \frac{15}{91}$ ;  $\eta = \frac{300}{174}\%$



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!

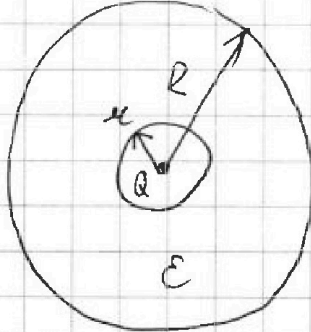
Дано: | Реш-ие:

$U, R$

$\frac{U}{R_0}(x)$

$\frac{U(11R)}{72}$ ?

$\varepsilon - 7$



№3

1) При  $r < x < R$

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon r} \Rightarrow \frac{12kQ}{11\varepsilon R} = \varphi\left(\frac{11R}{72}\right)$$

Ответ:  $\varphi = \frac{12kQ}{11\varepsilon R}$



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.

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!

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = \frac{9L}{4}$$

$$N_1 = n$$

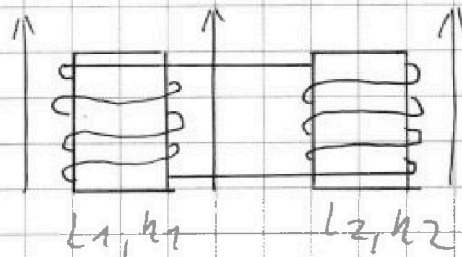
$$N_2 = \frac{3n}{2}$$

$$\frac{dB}{dt} = -2 \text{ (нТл/с)}$$

$$\frac{dI}{dt} = ?$$

$$I = ?$$

Решение:



$$\begin{aligned} 1) \frac{d\Phi}{dt} &= \frac{dB}{dt} N_1 S = \\ &= -2 n S = \\ &= -\frac{(L_1 + L_2) dI}{dt} = \\ &= -\frac{13L}{4} \frac{dI}{dt} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = + \frac{4}{13} \frac{2 n S}{L}$$

$$2) \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB_1}{dt} N_1 S$$

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = \frac{dB_2}{dt} N_2 S$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$\left. \begin{aligned} &\Rightarrow \frac{dB_1 N_1 S}{dt} + \frac{dB_2 N_2 S}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} \\ &= -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \Rightarrow \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow \int_{B_0}^{3B_0/4} dB_1 n S + \int_{4B_0}^{8B_0/3} dB_2 \cdot \frac{3n}{2} S = -(L_1 + L_2) \int_0^I dI \Leftrightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{B_0}{4} n S + \frac{4}{3} B_0 \cdot \frac{3}{2} n S = (L_1 + L_2) I = \frac{13L}{4} I \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{9}{4} B_0 n S = \frac{13}{4} L I \Rightarrow I = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{9}{13} \frac{B_0 n S}{L}; \quad \frac{dI}{dt} = \frac{4}{13} \frac{2 n S}{L}$$

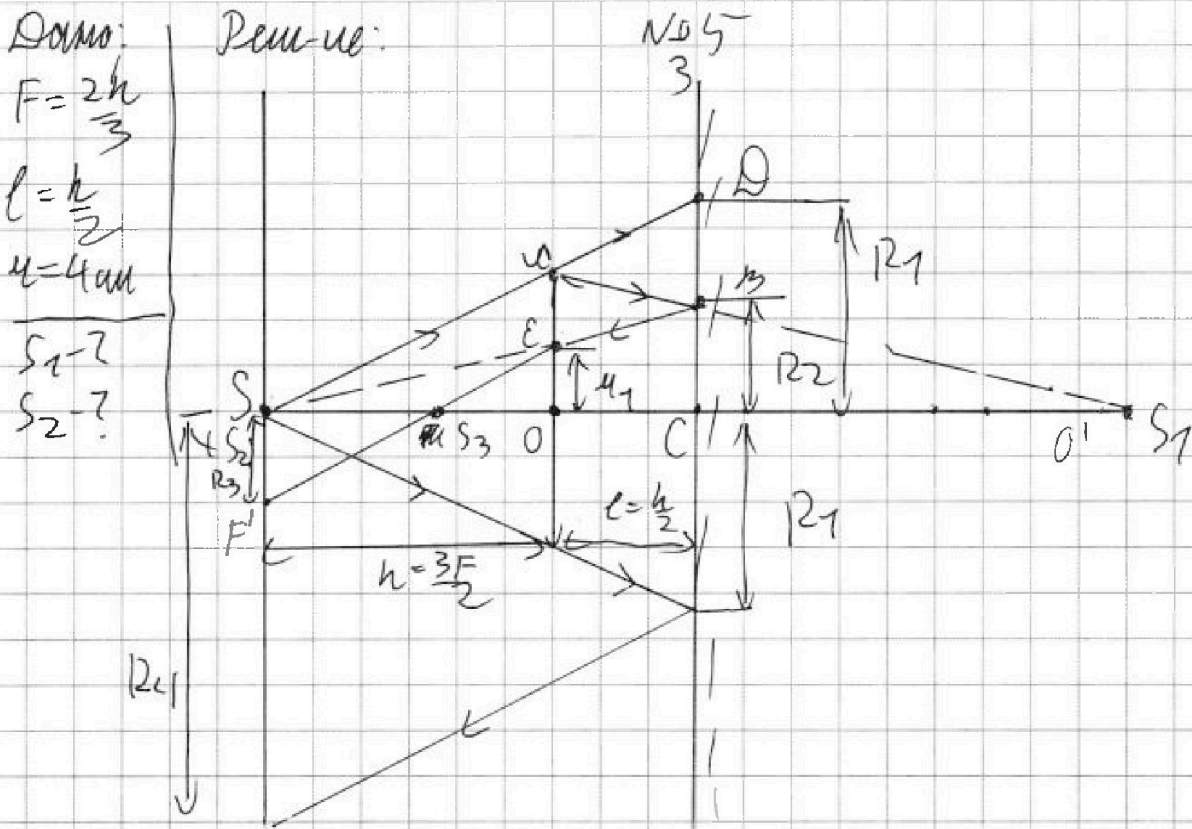




1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 3

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



1) Рассмотрим луч, проходящий через край линзы. Пусть он  $\lambda$ -м  $\mu$ -м  $\nu$  на расстоянии  $R_2$  от  $O_1$ . Очевидно, что все лучи, проходящие через линзу  $\lambda$ -м  $\mu$ -м  $\nu$  ближе, чем крайний луч  $\Rightarrow$  круг радиуса  $R_2$  в силу симметрии освещен.

Пусть  $S_1$  -  $u_3$ -е  $u$  от  $S$  в линзе  $\Rightarrow \frac{1}{f_1} + \frac{1}{u} = \frac{1}{F}$   
 где  $f_1 = OS_1 \Rightarrow f_1 = \frac{hF}{h-F} = 3F$



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 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!

№5

$$\Delta S_1CB \text{ и } \Delta S_1OA \text{ (см. рис.) по 2-м угл.} \Rightarrow \frac{BC}{CO} = \frac{OS_1}{OS_1}, \text{ где}$$

$$BC = R_2, CO = \mu, OS_1 = \mu - l = 3F - \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4}, OS_1 = 3F$$

$$\Rightarrow BC = \mu \cdot \frac{9F}{4 \cdot 3F} = \frac{3}{4} \mu = R_2$$

Все лучи идущие выше мизы освещают зеркало

Рассмотрим луч, идущий чуть выше  $\mu$  и  $\mu$ -м

$$\Delta SOA \text{ и } \Delta SCA \Rightarrow \frac{OA}{SO} = \frac{CA}{SC}, \text{ где } \left. \begin{array}{l} OA = \mu \\ CA = R_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{от } OO'$$

$$SO = \frac{3F}{2}, SC = \frac{3F}{2} + \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4}$$

$$\Rightarrow CA = R_1 = \mu \cdot \frac{9 \cdot 2}{4 \cdot 3} = \frac{3}{2} \mu$$

Пл.о. площадь осв. части зеркала  $S_1 = \pi(R_1^2 - R_2^2)$

$$= \pi \mu^2 \left( \frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = \frac{27}{16} \pi \mu^2 = 27 \pi \mu^2$$

2) После отражения на продолжении луча  $\mu$ -м

$OO'$  так, чтобы  $S_2C = S_1C$ , где  $S_2$  - уг. ос.  $S_1$

$$\text{в зеркале. } \left. \begin{array}{l} S_1C = \frac{9F}{4} \\ S_2C = \frac{9F}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow S_1 \text{ и } S_2 \text{ совм.}$$

Пусть  $S_2$  - мнимый кот-к,  $S_3$  - действ. уг. ос.

$$-\frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_3} = \frac{1}{F} \Rightarrow OS_3 = \frac{F \cdot OS_2}{F + OS_2}, \text{ где } OS_2 = \frac{3F}{2}$$

$$\Rightarrow OS_3 = \frac{\frac{3}{2} F^2}{\frac{3}{2} F + F} = \frac{3}{5} F$$



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!

№5

$$\triangle OS_3E \sim \triangle S_3F \Rightarrow \frac{OE}{OS_3} = \frac{SF}{SS_3}, \text{ где } \frac{OS_3}{SF} = \frac{3}{5} F$$

$$\triangle ABE = \triangle ABE:$$

Пусть  $R_1 = R_2 = R_3$

$$\angle ABR_1 = \angle EBR_1 \text{ (по з-му отн-ия)}$$

$$SS_3 = \frac{3}{2} F - \frac{3}{5} F = \frac{9}{10} F$$

$$SF = R_3$$

$$\left. \begin{array}{l} \Rightarrow \angle E = 2\angle ABR_1 \\ \angle ABR_1 = \alpha - R_3 \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow OE = \alpha - 2(\alpha - R_3) = 2R_3 - \alpha = \frac{\alpha}{2}$$

$$R_3 = \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{5}{3} = \frac{3}{4} \alpha \Rightarrow \text{Круг радиуса } R_3 \text{ на}$$

стене освещен. Лучи, не проходящие через лампу, также отражаются в  $A$  и  $B$  на той же стене.

$$\text{В том же прост-ии } \geq R_4 = 2R_3$$

Площадь кольца между этими стенами (аналог  $\triangle ABE$ )

$$S_2 = \pi (R_4^2 - R_3^2) = \pi \left( 4R_3^2 - \frac{9}{16} \alpha^2 \right) =$$

$$= \pi \left( 9 \frac{\alpha^2}{4} - \frac{9}{16} \alpha^2 \right) = \pi \cdot \frac{135}{16} \alpha^2 = 135 \pi \alpha^2$$

Объем:  $S_1 = 27\pi \alpha^2, S_2 = 135\pi \alpha^2$

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



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$\mathcal{E}_1 = \frac{dB_1}{dt} N_1 S = L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{dB_2}{dt} N_2 S = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$4B_0 N_1 S = L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$8B_0 N_2 S = L_2 \frac{dI_2}{dt}$$

$$- \frac{B_0}{L_1} N_1 S = -L_1 I$$

$$- \frac{4}{3} B_0 N_2 S = -L_2 I$$

$$- \frac{B_0}{21} N_2 S = -L I$$

$$- 2 B_0 N_2 S = -9 L I$$

$$4 - R_1 \cdot 4 - 2(4 - R_1) = 2R_1 - 4$$

$$\frac{4}{h} = \frac{R_1}{h+c}$$

$$R_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{h+c}{h} = \frac{4}{3} \left( 1 + \frac{c}{h} \right)$$

$$R_1 = \frac{4}{3} \left( 1 + \frac{3}{4} \right) = \frac{4}{3} \cdot \frac{7}{4} = \frac{7}{3}$$

$$4 \frac{R_1}{9F} = \frac{4}{3F} \quad R_1 = \frac{3}{4} \cdot 4 = 3$$

$$R_1 = \frac{3}{2} \cdot 4 = 6$$

$$S_1 = \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi \cdot 4^2 \left( \frac{9}{16} - \frac{9}{16} \right) = \pi \cdot 4^2 \cdot \frac{9}{16} = 9\pi \text{ см}^2$$

$$-\frac{1}{c} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{F} \quad R_2 = \frac{c \cdot F}{c+F} = \frac{3 \cdot 4}{3+4} = \frac{12}{7}$$

$$S_2 = \pi \left( 4 R_1^2 - \frac{9}{16} \cdot 4^2 \right) = \pi (9 \cdot 16 - 9) = \pi (144 - 9) = 135\pi$$

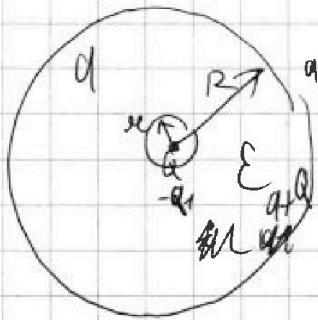


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\varphi_0 = \frac{kq}{\epsilon_0}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} + k$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} \quad \frac{12}{11} \frac{kQ}{R} \quad \frac{9}{10} \frac{\omega}{R} = 4$$

$$\frac{kQ}{\epsilon x} = \frac{kQ_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kQ}{x} = \frac{kQ}{x} \quad \frac{\omega}{R} = \frac{2R}{3} \quad \epsilon = \frac{3}{2} \frac{\omega}{R}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\omega}{\epsilon x}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{\epsilon_0}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\omega}{\epsilon x}$$

$$\frac{k(a+Q)}{x} =$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon_0}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\omega}{\epsilon x}$$



$$\frac{kQ}{\epsilon x} = \frac{kQ_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kQ}{x}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\omega}{\epsilon x}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R}$$

$$\frac{kQ}{x} + \frac{kq}{x} = \varphi(x)$$

$$6 - 23$$

$$\frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R} = \frac{\omega}{\epsilon_0}$$

$$6 = \frac{3L}{R} + \theta$$

$$1 = \frac{3L}{R} - \frac{3}{2} \frac{L}{R} = \frac{3}{2} \frac{L}{R}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon_0} = \varphi_0$$

$$5 = \frac{3L}{2R} + \theta$$

$$6 = \frac{3L}{R} \quad \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{11} + 4 \quad \theta = \frac{2R}{3}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R} = \varphi(x)$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{3x} + 4 = \frac{\omega}{\epsilon x} \frac{kq}{\omega} \quad \theta = 6 - 3 \cdot \frac{2R}{3} = 4$$

$$\frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{R}{2}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{4}{3} + 4$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{2R}{3x} + 4$$

$$\frac{\omega}{\epsilon x} + \frac{2R}{3x} + 4$$

$$\frac{kQ_1}{R} - \frac{kq_1}{x} + \frac{kQ}{x} = \varphi \frac{\varphi}{\varphi_0}$$

$$\varphi = \frac{kQ \cdot 2R}{3\omega x} + \frac{4kq}{\omega}$$

$$kq_1 \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) + \frac{kQ}{x} = \varphi$$

$$\frac{1}{R} - \frac{3}{2R} \quad \theta = -\frac{4q}{R} \frac{q_1}{q} + \frac{3\omega}{R}$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{q_1}{q} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{x} \right) + \frac{\omega}{x}$$

$$\theta = -\frac{q_1}{q} \frac{\omega^2}{R^2}$$

$$\theta = -\frac{q_1}{q} \frac{\omega}{R} \frac{2}{R} + \frac{3\omega}{R}$$

$$5 = -\frac{q_1}{q} \frac{\omega}{2R} + \frac{3\omega}{2R}$$



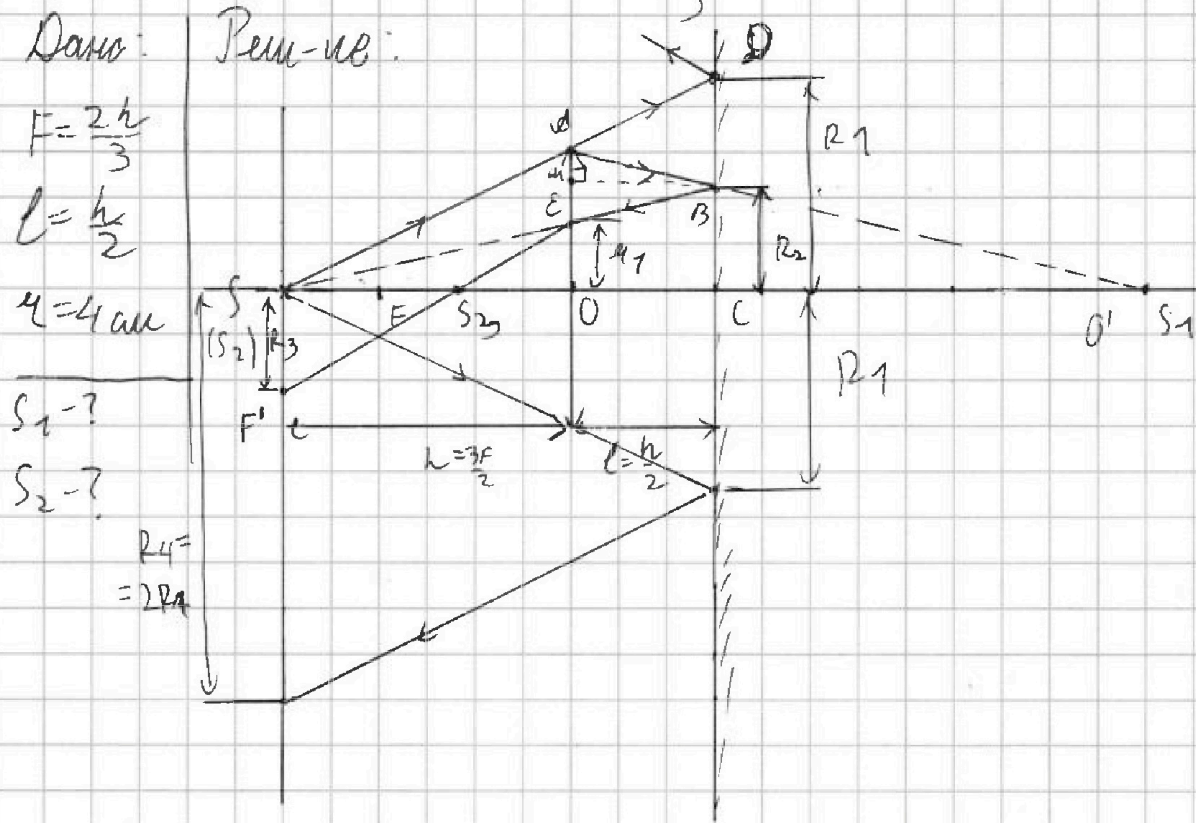
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

№5



1) Рассмотрим луч, проходящий через край линзы.  
 Пусть  $OM$   $\perp$   $mn$  — зеркалом на расстоянии  $R_2$  от  $OO'$ . Очевидно, что все лучи проходящие через линзу  $mn$  ближе, чем первый луч  $\Rightarrow$  ~~образ~~ радиуса  $R_2$  (в линзу  $mn$ ), освещает.

Пусть  $S_1$  — из-за него  $S$  в линзе  $\Rightarrow \frac{1}{v_1} + \frac{1}{h} = \frac{1}{F}$  где  
 $v_1 = OS_1 \Rightarrow v_1 = \frac{hF}{h-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{3}{2}F - F} = 3F$

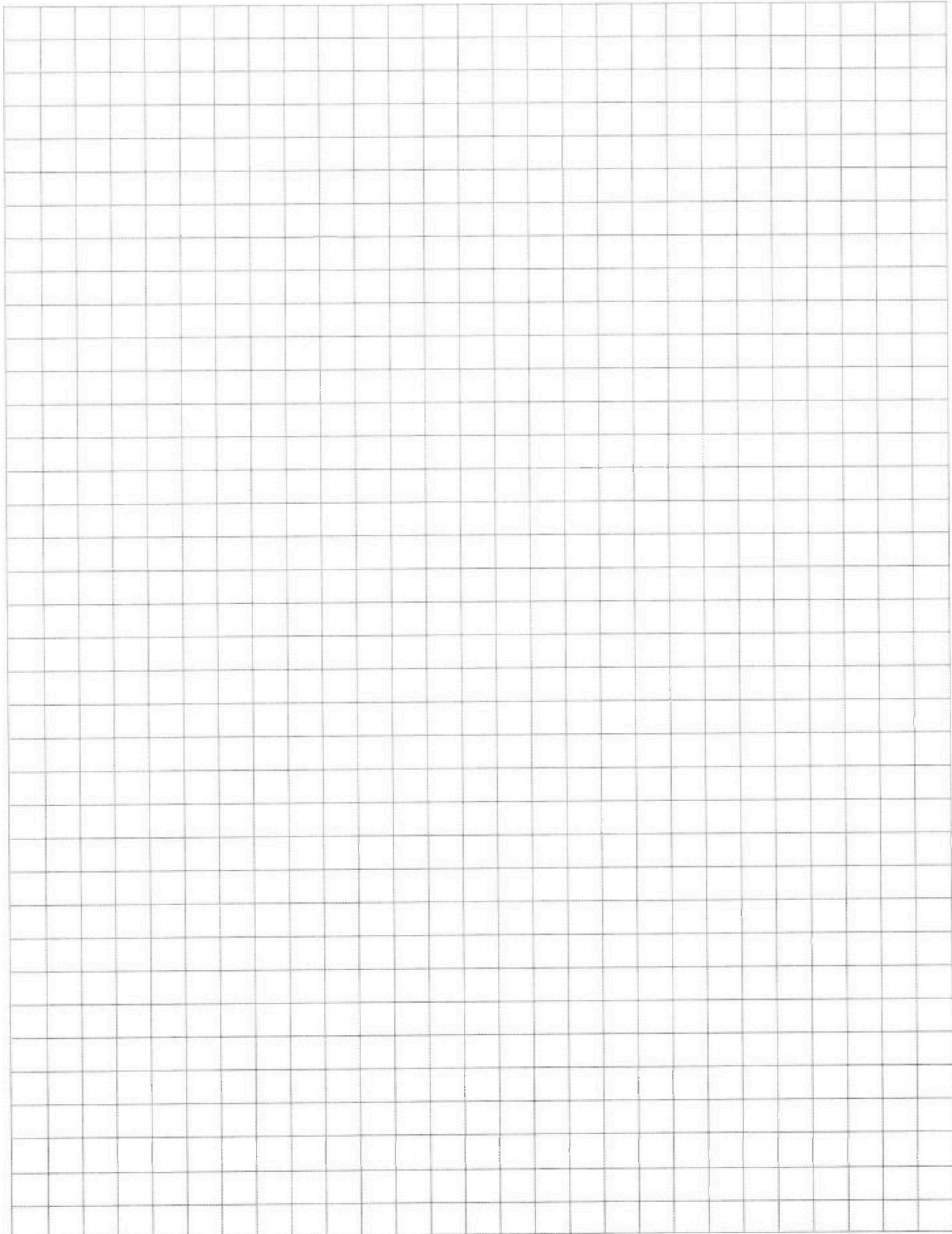


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



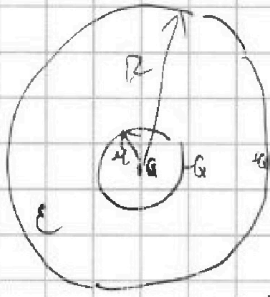


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



Прим  $r < R$

$$\psi_0 = \frac{Kq}{r}$$

$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon r}$$

$$E = -\frac{d\psi}{dr}$$

$$\int \frac{1}{r^2} dr = -\frac{1}{r} + C$$

Прим  $r > R$

$$E dr = -d\psi$$

$$R > r > R \quad \frac{Kq}{r^2} dr = -d\psi$$

$$-\frac{Kq}{r} \Big|_R^r = -\psi \Big|_{\psi_0}^{\psi}$$

$$-Kq + \frac{Kq}{R} = \frac{Kq}{r}$$

$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon R}$$

Прим  $r > R$

$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon r}$$

$$\frac{Kq}{r} = \psi$$

$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon r}$$

$$-\frac{Kq}{r} + \frac{Kq}{R} = -\psi_0 + \psi$$

$$r = \frac{11R}{12}$$

$$\psi(r) = \frac{Kq}{\epsilon R}$$

$$\frac{\psi}{\psi_0} = \frac{1}{\epsilon r}$$

$$\frac{\psi}{\psi_0} = \frac{3R}{\epsilon R} \Rightarrow \epsilon = \frac{3R}{R} = 3$$

Прим  $r < R$

$$\frac{3R}{\epsilon R} = \frac{3}{\epsilon}$$

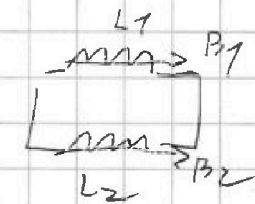
Bonus = 11/12

$$\psi = \frac{Kq}{r} - \frac{Kq}{R} + \frac{Kq}{R}$$

Прим  $r > R$

$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon r}$$

$$\frac{Kq}{\epsilon r}$$



Прим  $r > R$

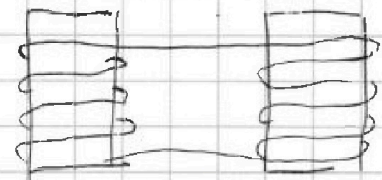
$$\psi = \frac{Kq}{\epsilon r} - \frac{Kq}{r} + \frac{Kq}{R}$$

$$\psi_0 = \frac{Kq}{r}$$

$$\frac{\psi}{\psi_0} = \frac{Kq}{\epsilon r} - \frac{r}{R} + \frac{R}{r}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{5}{12} = \frac{1}{12}$$

$$L = \mu_0 N^2 S$$



$$\frac{4-8}{3} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{51-25}{20} = \frac{26}{20} = \frac{13}{10}$$

$$\frac{\mu_0 S}{L_1} = \frac{\mu_0 S}{L_2} \quad L_1 = S_2$$

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot NS = -2NS = -L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{21}{17} - \frac{1}{3} = \frac{27-17}{51} = \frac{10}{51}$$

$$\Rightarrow i = \frac{-2NS}{L} \quad 2 + \frac{1}{4}$$





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!

№2  $\eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = \frac{60 - 48}{60} = 12$

1)  $\frac{\Delta U_{12}}{U_{123T}} = ?$   $U_{12} = \frac{3}{2} \cdot (4 \cdot 12 \text{ pA} \cdot V_0 - 6 \cdot 10 \text{ pA} \cdot V_0) = -18 \text{ pA} \cdot V_0$

$U_{123T} = \frac{1}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 V_0 = 12 \text{ pA} \cdot V_0$

$\frac{\Delta U_{12}}{U_{123T}} = \frac{18}{12} = 1,5$

2)  $\sqrt{RT_3} = 36 \text{ pA} \cdot V_0$

$\frac{p}{p_0} = k \frac{V}{V_0} + b$   $\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 16 \Rightarrow p = -p_0 \frac{V}{V_0} + 16 p_0$

$p V = \sqrt{RT}$   $p dV + V dp = -12 \text{ pA} \cdot V_0 dV + 16 p_0 dV = \frac{3}{2} \sqrt{RT} dT$

$\int p dV = \int (-p_0 \frac{V}{V_0} + 16 p_0) dV = -\frac{p_0}{2} \frac{V^2}{V_0} + 16 p_0 V$

$(16 p_0 - \frac{p_0}{2} \frac{V}{V_0}) V = \sqrt{RT}$   $U_{23} = -30 \text{ pA} \cdot V_0$

$16 p_0 V - \frac{p_0}{2} \frac{V^2}{V_0} = \sqrt{RT} \Rightarrow -\frac{p_0}{2} \frac{V^2}{V_0} + 16 p_0 V = \sqrt{RT}$

$\frac{dT}{dV} = 0 = -\frac{2 p_0 V}{V_0} + 16 p_0$   $V = \frac{16 p_0 V_0}{2 p_0} = 8 p_0 V_0$

$(16 p_0 - 8 p_0) \cdot 8 V_0 = \sqrt{RT_m}$   $U_{14} = \frac{10 + 6}{2} p_0 \cdot 4 V_0 = 32 p_0 V_0$

$64 p_0 V_0 = \sqrt{RT_m} \Rightarrow T_m = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$

$36 p_0 V_0 = \sqrt{RT_3}$

$U_{123T} = 2 p_0 V_0$

$Q_{31} = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 36 p_0 V_0) = 36 p_0 V_0$

$Q_{12} = -18 p_0 V_0 + 42 p_0 V_0 = 24 p_0 V_0$

$U_{12} = \frac{10 p_0 + 4 p_0}{2} \cdot 6 V_0 = 42 p_0 V_0$

$\eta = \frac{U_{123T}}{Q_+} = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} = 20\%$



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!

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}(48 - 60) = -\frac{3}{2} \cdot 12 = -18$   
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(48 - 60) = -\frac{3}{2} \cdot 12 = -18$   
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(48 - 60) = -\frac{3}{2} \cdot 12 = -18$   
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(48 - 60) = -\frac{3}{2} \cdot 12 = -18$

$N_1 = mg \cos \alpha_1$   
 $N_2 = \frac{9mg}{4} \cos \alpha_2$   
 $N_{1x} = mg \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}$   
 $N_{2x} = \frac{9mg}{4} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{17}$

$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1 \Rightarrow F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m(\frac{3}{5}g - \frac{5}{17}g) =$   
 $mg \frac{51 - 25}{85} = \frac{26}{85} mg$

$\frac{9m}{4} a_2 = \frac{9mg}{4} \sin \alpha_2 - F_2 \Rightarrow F_2 = \frac{9mg}{4} (\frac{8}{17} - \frac{8}{24}) =$   
 $2mg (\frac{8}{17} - \frac{1}{3}) = 2mg \frac{27 - 17}{51} = \frac{20}{51} mg$

$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 = \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} mg$   
 $F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = \frac{20}{51} \cdot \frac{15}{17} mg$

$F_{20x} + N_{1x} - F_{10x} - N_{20x} = F_3 =$   
 $\frac{20 \cdot 15}{51 \cdot 17} mg + \frac{12}{25} mg - \frac{26 \cdot 4}{85 \cdot 5} - \frac{9 \cdot 15 \cdot 8}{4 \cdot 17 \cdot 17} = \frac{120}{1080}$

$\frac{3000}{3 \cdot 172} + \frac{12}{25} - \frac{104}{17 \cdot 25} = \frac{1080}{4 \cdot 172} = \frac{17}{204}$   
 $\frac{7200 - 3240}{12 \cdot 172} + \frac{204 - 104}{17 \cdot 25} = \frac{170}{12 \cdot 172} + \frac{100}{17 \cdot 25} = \frac{3240}{1200} = 2040$   
 $\frac{4}{17} - \frac{170}{172} = \frac{4}{17} - \frac{10}{17} = \frac{6}{17} \checkmark$