

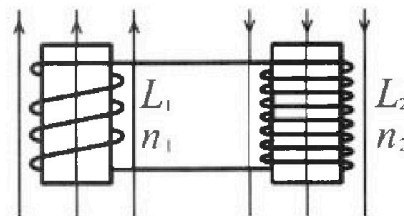
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

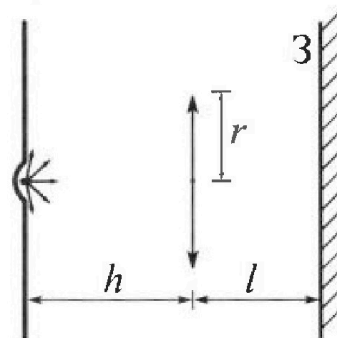


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 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  $F = h/3$ . 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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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



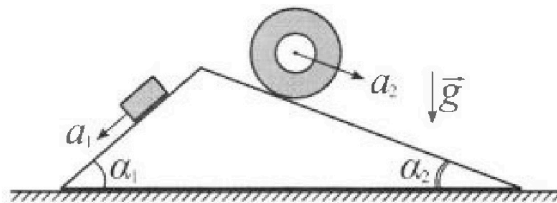
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок 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.

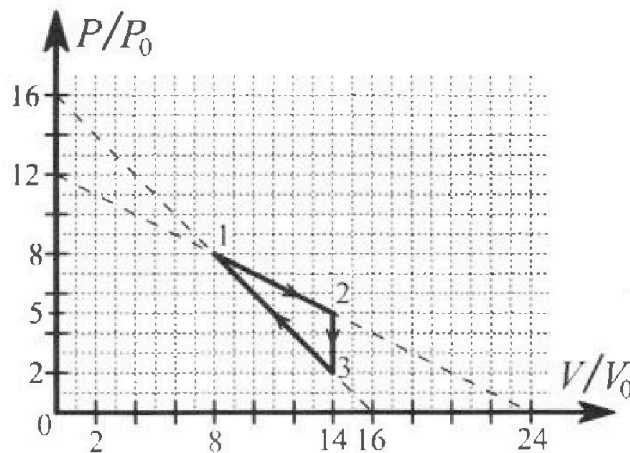


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

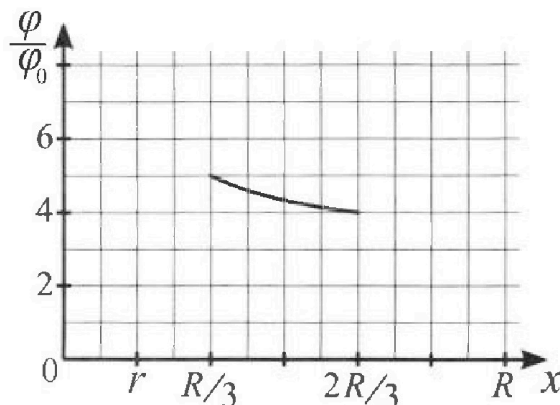
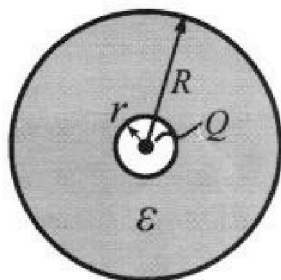
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  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  $x = 5R/6$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





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.

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!

Задача №1

Два груза  $1$  и  $2$  движутся по наклонной плоскости:

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



$$F_1 = mg \frac{3}{5} - mg \frac{4}{5}$$

$$F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \frac{3}{5} - m \frac{6}{13} g = mg \frac{39 - 30}{65} = \frac{9}{65} mg$$

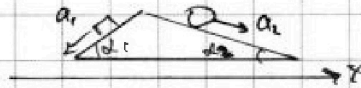
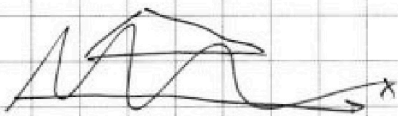
По закону сохранения момента импульса для цилиндра относительно его центра масс

$$2ma_2 \cdot R = F_2 \cdot 2R \Rightarrow F_2 = 2ma_2 = \frac{1}{2} mg$$

В горизонтальном направлении на систему действует

только сила трения между цилиндром и столом.  $\Rightarrow$  изменение проекции на ось

импульса системы  $\Rightarrow F_3 \cdot \Delta t$



$$2m \cdot a_2 \cdot 2R \cdot \cos \alpha_2 - ma_1 \cdot 2R \cdot \cos \alpha_1 = F_3 \cdot \Delta t$$

$$F_3 = 2ma_2 \cos \alpha_2 - ma_1 \cos \alpha_1 = 2m \frac{g}{4} \cdot \frac{12}{13} - m \frac{6}{13} g \frac{4}{5} = \left(1 - \frac{4}{5}\right) \frac{6}{13} mg =$$

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

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{9}{65} mg$

2)  $F_2 = \frac{1}{2} mg$

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



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.

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!

Задача 2

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (80 p_0 V_0 - 64 p_0 V_0) = 9 p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 3 p_0 \cdot 6 V_0 = 9 p_0 V_0 \text{ (как площадь чика на графике)}$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A} = 1$$

Найдем  $V$ , при котором 1 процессе  $1 \rightarrow 2$  была максимальная температура.

В процессе  $1 \rightarrow 2$   $p = 12 p_0 - \frac{V}{2 V_0} p_0$  (по линейной зависимости, из графика).

$$U_{12} = \frac{3}{2} p V \Rightarrow dU_{12} = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = \frac{3}{2} (12 p_0 - \frac{V}{2 V_0} p_0) dV + \frac{3}{2} V (-\frac{p_0}{2 V_0} dV) = 18 p_0 dV - \frac{3 V dV p_0}{2 V_0} = 3 p_0 dV (6 - \frac{V}{2 V_0})$$

Температура максимальна, когда  $dU_{12} = 0 \Rightarrow 6 - \frac{V}{2 V_0} = 0 \Rightarrow V = 12 V_0$

Из графика так  $\Rightarrow p = 6 p_0$

$$6 p_0 \cdot 12 V_0 = \nu R T_{2 \max}$$

$$p_3 \cdot V_3 = 2 p_0 \cdot 14 V_0 = \nu R T_3 \Rightarrow \frac{T_{2 \max}}{T_3} = \frac{6 \cdot 12}{2 \cdot 14} = \frac{18}{7}$$

$$Q_{12} = A_{12} + U_{12} \Rightarrow dQ_{12} = dA_{12} + dU_{12}$$

$$dA_{12} = \frac{1}{2} (p + dp) dV = \frac{1}{2} p dV + \frac{1}{2} p dV = p dV$$

$$dQ_{12} = 2 p dV + \frac{3}{2} V dp = 2 (12 p_0 - \frac{V}{2 V_0} p_0) dV + \frac{3}{2} V (-\frac{p_0}{2 V_0} dV) =$$

$$= 24 p_0 dV - \frac{V p_0 dV}{V_0} - \frac{3}{4} \frac{V p_0 dV}{V_0} = 24 p_0 dV - \frac{7}{4} \frac{V p_0 dV}{V_0} =$$

$$= p_0 dV (24 - \frac{7V}{4 V_0}) \Rightarrow V = \frac{24 \cdot 4}{7} V_0 = \frac{96}{7} V_0 < 14 V_0$$

На участке  $1 \rightarrow 2$  тепло поглощается от состояния 1го момента, когда объем достигает  $V = \frac{96}{7} V_0$  Ответ: 1)  $\frac{\Delta U_{12}}{A} = 1$

$$2) \frac{T_{2 \max}}{T_3} = \frac{18}{7}$$



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!

### Задача 3

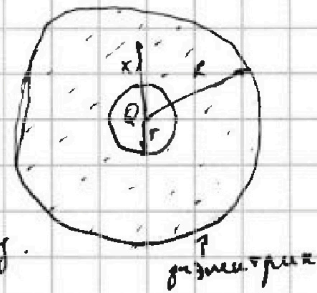
Потенциал внутренней поверхности диэлектрика  $\varphi_r = \frac{kQ}{r}$

В отсутствие диэлектрика разность потенциалов между точками на расстояниях  $x$  и  $r$  от точечного заряда составила  $\Delta\varphi$

$$\Delta\varphi'_{r \rightarrow x} = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ}{r} = kQ \frac{r-x}{xr}$$

Диэлектрик ослабляет напряженность поля

внутри себя в  $\epsilon$  раз, поэтому с диэлектриком эта разность потенциалов такая же, как и в отсутствие  $\epsilon$  раз.



$$\Delta\varphi_{r \rightarrow x} = \frac{1}{\epsilon} \Delta\varphi'_{r \rightarrow x} = \frac{kQ(r-x)}{\epsilon xr}$$

Тогда потенциал поля внутри диэлектрика на расстоянии  $x$  от центра равен  $\varphi = \Delta\varphi_{r \rightarrow x} + \varphi_r = \frac{kQ(r-x)}{\epsilon xr} + \frac{kQ}{r} = \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r}$  ( $x \in [r; R]$ )

С помощью графика понимаем, что  $\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{5}{4} \varphi\left(\frac{2R}{3}\right)$  и  $r = \frac{R}{6}$

$$4 \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 5 \varphi\left(\frac{2R}{3}\right) \Rightarrow 4 kQ \left( \frac{1}{\epsilon \frac{R}{3}} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{1}{\frac{R}{6}} \right) = 5 \left( \frac{1}{\epsilon \frac{2R}{3}} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{1}{\frac{R}{6}} \right) kQ$$

$$\Rightarrow 4 \cdot \frac{3}{\epsilon R} + 4 \frac{6(\epsilon-1)}{\epsilon R} = 5 \frac{3}{\epsilon R} + 5 \frac{6(\epsilon-1)}{\epsilon R} \Rightarrow 12 + 24\epsilon - 24 = 7.5 + 30\epsilon - 30$$

$$\Rightarrow 6\epsilon = 19.5 \Rightarrow \epsilon = \frac{13}{12}$$

$$\varphi\left(\frac{5R}{6}\right) = \frac{kQ}{\epsilon \frac{5R}{6}} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r} = \frac{6kQ}{5\epsilon R} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r}$$

Ответ: 1)  $\frac{6kQ}{5\epsilon R} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r}$

2)  $\epsilon = \frac{13}{12}$

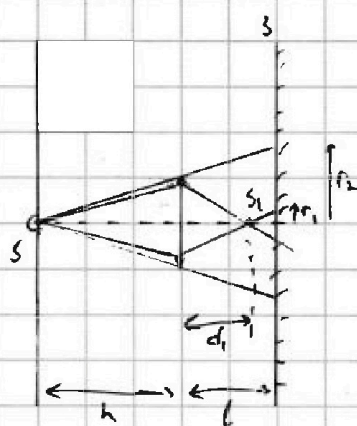


1  2  3  4  5  6  7

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!

Задача ~ 5



$S_1$  - источник  $S$   
Изображение источника  $S_1$  линзы находится на расстоянии  $f_1$  от оптического центра!

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{h} \Rightarrow f_1 = \frac{h}{2}$$

Линза "заслоняет" собой круглый участок зеркала радиусом  $r_2$ , найдем  $r_2$  из подобия треугольников

$$\frac{r_2}{r} = \frac{h+l}{h} = \frac{\frac{5}{3}h}{h} = \frac{5}{3} \Rightarrow r_2 = \frac{5}{3}r = \frac{25}{3} \text{ см}$$

Свет, не проходящий через линзу, беспрерывно освещает зеркало.

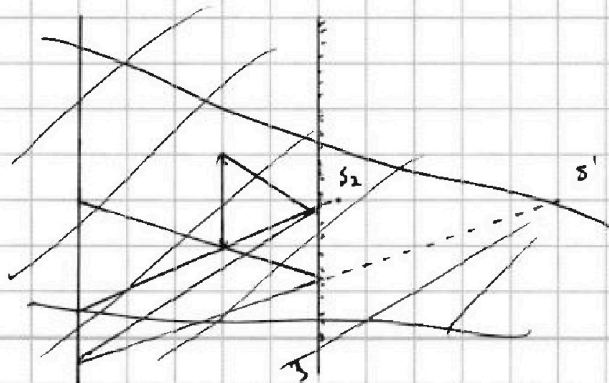
Свет, преломляемый линзой, освещит круглую часть радиусом  $r_1$ .

$$\frac{r_1}{r} = \frac{L-d_1}{d_1} = \frac{\frac{2}{3}h - \frac{1}{2}h}{\frac{1}{2}h} = \frac{\frac{1}{6}h}{\frac{1}{2}h} = \frac{1}{3} \Rightarrow r_1 = \frac{1}{3}r = (\text{тоже из подобия}) = \frac{5}{3} \text{ см}$$

Тогда площадь неосвещенной участка зеркала равна

$$S_{\text{зер}} = \pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \left( \frac{25^2}{9} - \frac{5^2}{9} \right) \pi = \frac{625-25}{9} \pi = \frac{200}{9} \pi \text{ см}^2$$

Пусть  $S_2$  - изображение  $S_1$  в зеркале,  $S_3$  - изображение  $S_2$  в линзе,  $S'$  - изображение  $S$  (исходного источника) в зеркале



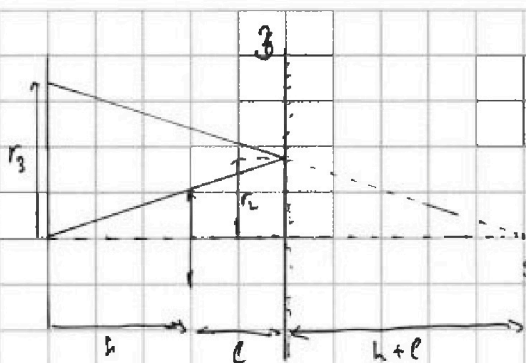
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

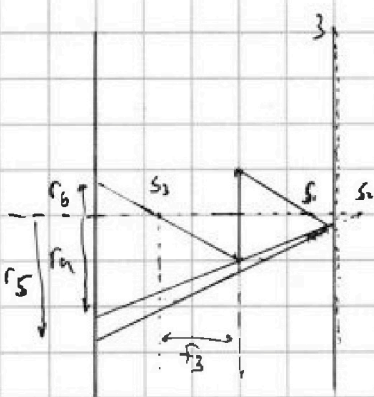
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



~~Не~~ <sup>линейный</sup> ~~преломленный~~ <sup>слет</sup> ~~слет~~, отражается в зеркала, охватывает  $\pi\alpha$ , кроме круга радиусом  $r_3$

$$\frac{r_3}{r_2} = \frac{2(h+l)}{h+l} = 2$$

$$r_3 = 2r_2 = \frac{50}{3} \text{ см}$$



~~слет~~ <sup>слет</sup> ~~преломленный~~ <sup>слет</sup> после отражения от дужки можно разделить на 2 потока: тот, который преломляется в линзе еще раз, и тот, который не проходит через линзу ~~вправо~~ во второй раз.

Слет, преломляющийся дважды, охватывает кольцо (радиусы  $r_4$  и  $r_5$ , их найдешь тоже из подобия)

$$\frac{r_5}{r_1} = \frac{h+l+(l-d_1)}{l-d_1} = \frac{h+\frac{2}{3}h+\frac{2}{3}h-\frac{h}{2}}{\frac{2}{3}h-\frac{h}{2}} = \frac{\frac{11}{6}h}{\frac{1}{6}h} = 11$$

$$r_5 = 11r_1 = \frac{55}{3} \text{ см}$$

$$\frac{r_4}{r} = \frac{\frac{11}{6}h}{l+l-d_1} = \frac{\frac{11}{6}h}{\frac{5}{6}h} = \frac{11}{5} \Rightarrow r_4 = \frac{11}{5}r = 11 \text{ см}$$

Заметим, что  $r_5 > r_3 > r_4 \Rightarrow$  поверхность <sup>стен</sup> ~~да~~ <sup>стен</sup> преддлинки круга радиусом  $r_4$ , охватена.

Найдем отношение  $S_3$ :  $\frac{1}{\frac{5h}{6}} + \frac{1}{f_3} = \frac{3}{h} \Rightarrow f_3 = \frac{5h}{9}$

Слет, преломляющийся дважды, охватит круг радиусом  $r_6$

$$\frac{r_6}{r} = \frac{h-\frac{5h}{9}}{\frac{5h}{9}} = \frac{4}{5} \Rightarrow r_6 = \frac{4}{5}r = 4 \text{ см}$$

Площадь внешней ~~да~~ <sup>стен</sup> ~~стен~~ - площадь кольца ~~стен~~ с радиусами  $r_6$  и  $r_4$  ( $r_6 < r_4$ ):  $S_{\text{ст}} = \pi(r_4^2 - r_6^2) = \pi(11^2 - 4^2) = 105\pi \text{ см}^2$

Ответ: ~~1)  $S_{\text{зоп}} = \frac{200}{3}\pi \text{ см}^2$~~  ~~2)  $S_{\text{ст}} = 105\pi \text{ см}^2$~~

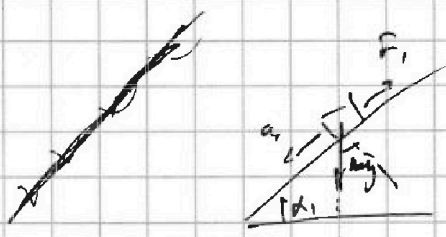


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



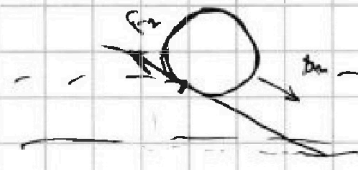
$$\frac{6}{13} \left( 1 - \frac{4}{5} \right) = \frac{6}{13 \cdot 5} =$$

$$mg \cdot \sin \alpha - F_1 = ma_1$$

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

$$F_1 = mg \frac{3}{5} - mg \frac{6}{13}$$

$$F_1 = mg \frac{39 - 30}{65} = mg \frac{9}{65} = \boxed{mg \frac{9}{65}} \quad \text{①}$$



$$E_k = \frac{2mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$\Delta E_k + \Delta E_n = A$$

$$2ma_2 v^2$$

$$2ma_2 v^2 - mgh = -F_2 S$$

$$2ma_2 \frac{v^2}{2} - mg \frac{a_2 v^2}{2} \sin \alpha = -F_2 \frac{a_2 v^2}{2}$$

$$2ma_2 \cancel{v^2} = F_2 \cancel{v^2}$$

$$F_2 = 2ma_2 = \frac{mg}{2}$$

$$2ma_2 - 2mg \sin \alpha = -F_2$$

$$4ma_2 - 2mg \sin \alpha = -F_2$$

$$F_2 = 2mg \sin \alpha - 4ma_2 = 2mg \frac{5}{13} - 4m \frac{3}{9}$$



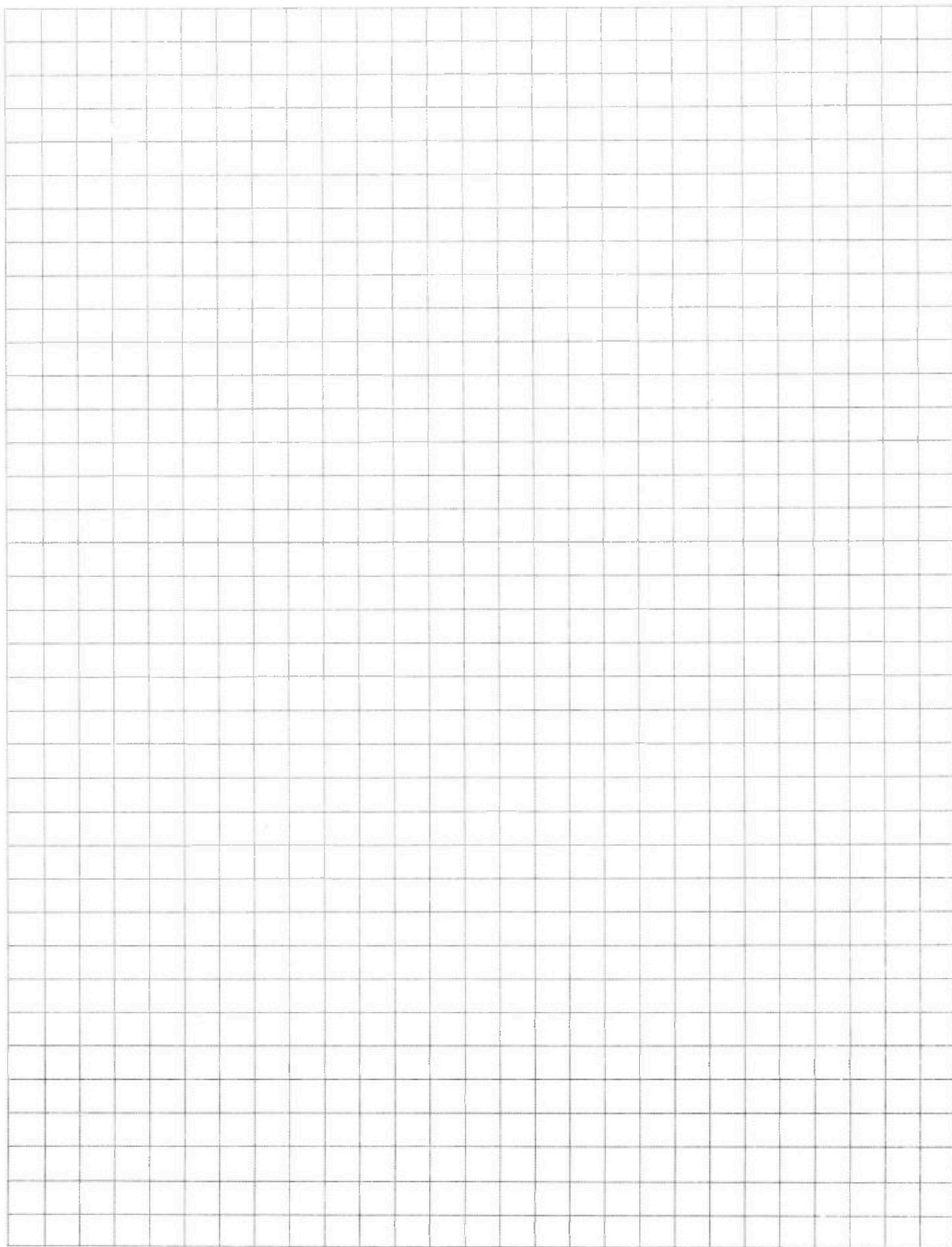


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} p_0 \cdot 8V_0 + \frac{3}{2} \cdot 5 p_0 \cdot 14V_0 = \frac{3}{2} (80 - 64) p_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 16 p_0 V_0 = 24 p_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 3p_0 = 9 p_0 V_0 \quad \left( \frac{\Delta U_{12}}{A} = 1 \right)$$

$$\text{1-32: } p = 12 p_0 - \frac{V}{2V_0} p_0$$

$$dU_{12} = \frac{3}{2} p V = \frac{3}{2} p dV + \frac{1}{2} V dp = \frac{3}{2} \left( 12 p_0 - \frac{V}{2V_0} p_0 \right) dV + \frac{1}{2} V \left( - \frac{p_0}{2V_0} dV \right)$$

$$dp = d \left( 12 p_0 - \frac{V}{2V_0} p_0 \right) = - \frac{dV}{2V_0} p_0 = - \frac{p_0}{2V_0} dV$$

$$dU_{12} = 18 p_0 dV - \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{V p_0 dV}{2V_0} = 18 p_0 dV - \frac{3 p_0 dV \cdot V}{2V_0} = 3 p_0 dV \left( 6 - \frac{V}{2V_0} \right)$$

$$\text{dU} < 0 \text{ при } V > 12 V_0$$

$$\text{Условие при } V_0 = 12$$

$$2 p_0 \cdot 14 V_0 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{28 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$T_{12 \text{ макс}} = \frac{6 p_0 \cdot 12 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{12 \text{ макс}}}{T_3} = \frac{6 \cdot 12}{28} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 7 \cdot 2} = \left[ \frac{18}{7} \right]$$

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  
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!

В диэлектрике  $\epsilon$   $\epsilon \rightarrow \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$

На поверхности пол-ти диэлектрика  $\varphi_0 = \frac{kQ}{r}$

~~$\varphi_0 = \frac{kQ}{r}$~~   
 ~~$\varphi_0 = \frac{kQ}{r}$~~

$$\varphi_0 = \varphi_r + \int_r^x E_{\text{д}} R$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{r} + \int_r^x \frac{kQ}{\epsilon R^2} dR = \varphi_r + \frac{kQ}{\epsilon R} \Big|_r^x$$

$$\Delta\varphi = \int_r^x E_{\text{д}} R = -\frac{kQ}{R} \Big|_r^x = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{x}$$

$$\Delta\varphi = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ}{r} = kQ \frac{r-x}{xr}$$

$$\frac{kQ}{r} + \frac{kQ(r-x)}{\epsilon xr} =$$

$$\frac{kQ}{r\epsilon} - \frac{kQ}{r\epsilon} + \frac{kQ}{r} = \frac{kQ}{r\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r}$$

~~$\varphi_0 = \frac{kQ}{r}$~~

$$\varphi_{\text{св}} = \frac{kQ}{r\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r}$$

$$\frac{kQ}{r\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r} = 5\varphi_0$$

$$\frac{\frac{1}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{1}{\epsilon}}{\frac{1}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{1}{\epsilon}} = \frac{5}{1}$$

$$\frac{kQ}{r\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r} = 4\varphi_0$$

$$\left( \frac{5}{r\epsilon} + \frac{6(\epsilon-1)}{r\epsilon} \right) \varphi_0 = 5 \left( \frac{1.5}{r\epsilon} + \frac{(\epsilon-1)6}{r\epsilon} \right)$$

$$12 + 24\epsilon - 24 = 7.5 + 30\epsilon - 30$$

$$\frac{24}{2} - 7.5 + 30 = 26.5$$

$$10 - 7.5 + 19.5 = \frac{21}{2} \quad \frac{21}{2} + 6\epsilon \Rightarrow \epsilon = \frac{21}{11}$$

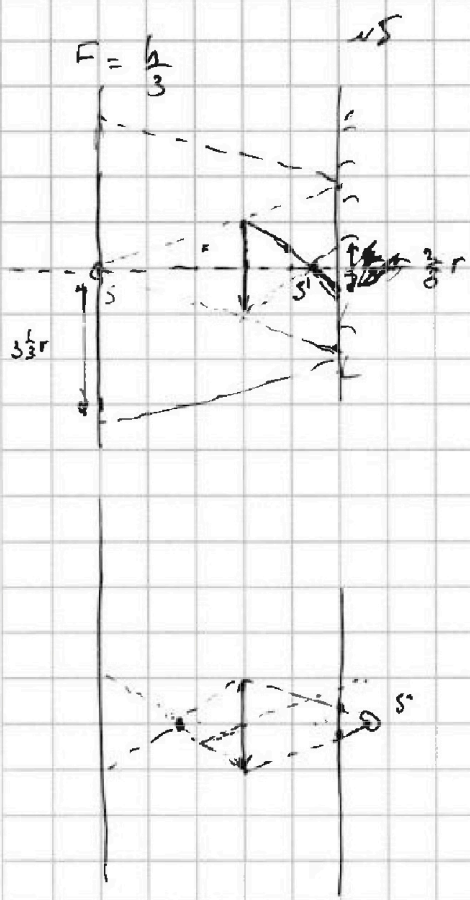


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

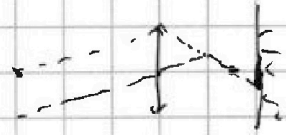


$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{p}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{h}$$

$$f = \frac{h}{2}$$



$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{h}{2} + \frac{h}{3} = \frac{5}{3}h$$

$$\frac{6}{5h} + \frac{1}{f_1} = \frac{3}{h}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{3}{h} - \frac{6}{5h} = \frac{9}{5h}$$

$$f_1 = \frac{5h}{9}$$

~~Case 2~~

$$\frac{E}{2} = \text{charge}$$

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad \varphi = \frac{kQ}{r}$$

$$\Delta\varphi = \frac{kQ}{r^2} \Delta r$$

$$\int \Delta\varphi = \int \frac{kQ}{r^2} \Delta r = kQ \int \frac{1}{r^2} = -\frac{kQ}{r}$$

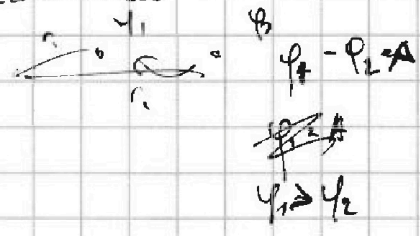
$$\Delta\varphi = E \Delta s$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)' = -\frac{1}{r^2}$$

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

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{r}$$



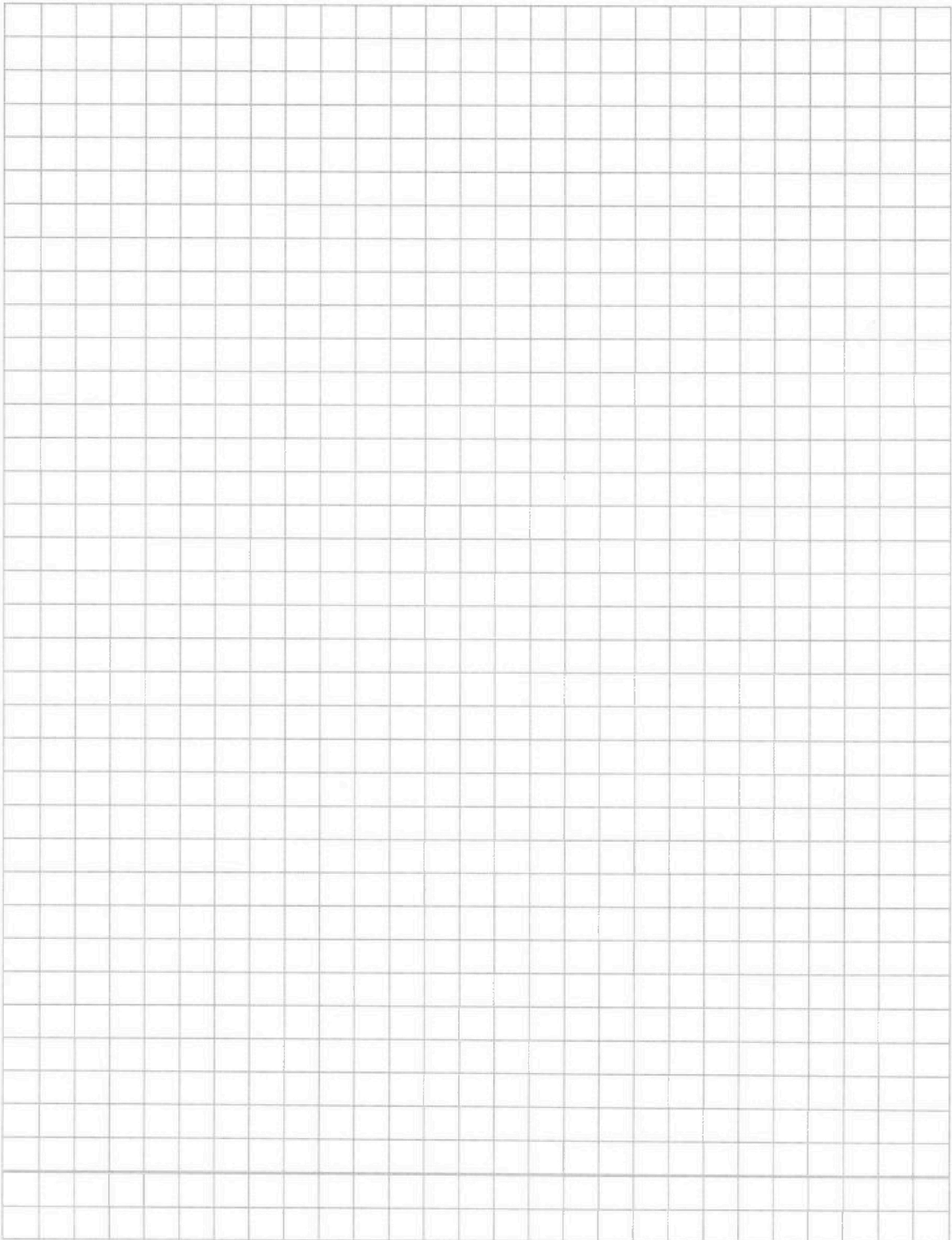


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<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 \_

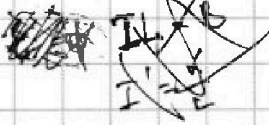
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

22

$$E = \phi' = \frac{AB}{R} \delta n_1$$

$$\phi_1 = 18 \delta n_1$$

$$\Sigma_1 \phi_1' = \frac{AB}{R} \delta n_1$$

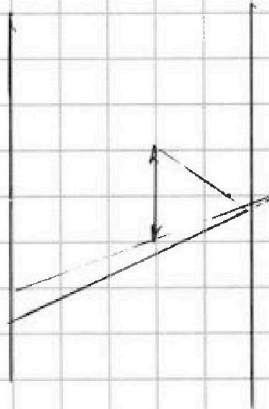
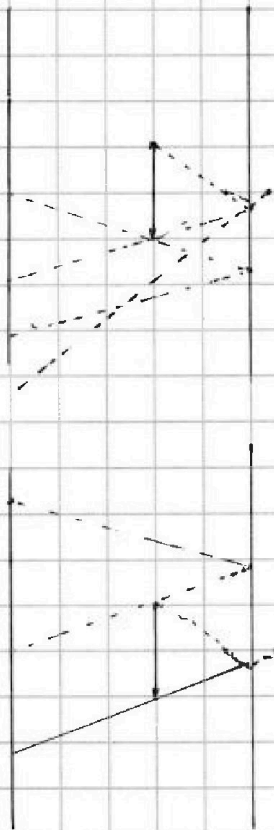


$$\begin{array}{r} 3 \\ 25 \\ 25 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 225 \\ 25 \\ \hline 275 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 225 \\ 125 \\ 50 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\frac{6 \cdot 0}{9} = \frac{100}{3}$$



$$\frac{6}{5h} + \frac{1}{f_2} = \frac{9}{h}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{35}{5h} - \frac{6}{5h} = \frac{9}{5h}$$

$$121 - 16 = 2$$

$$= 105$$