



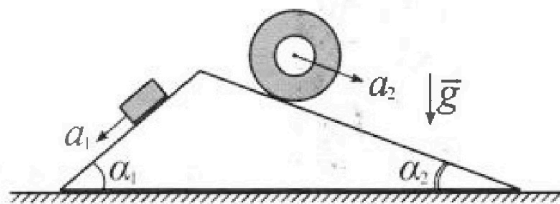
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

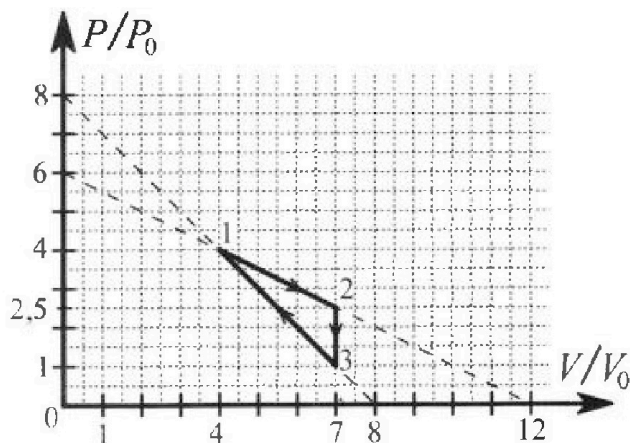


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

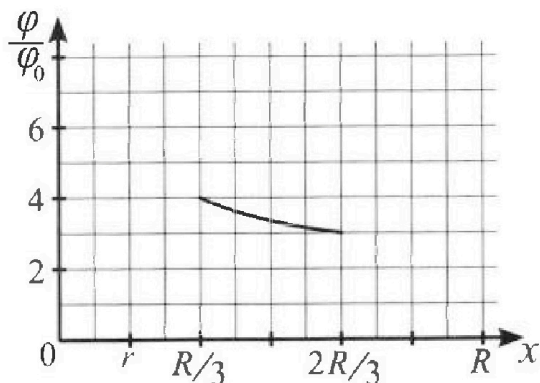
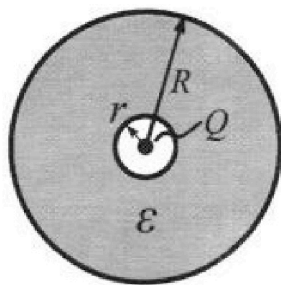
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





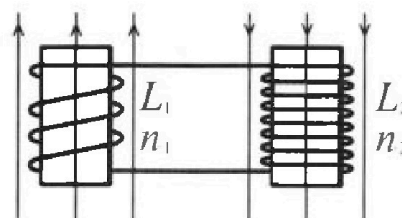
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

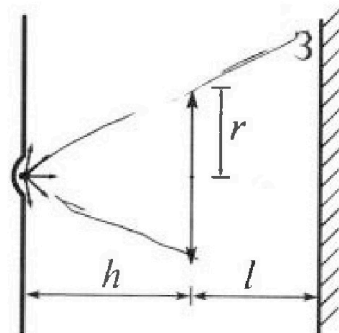


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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.



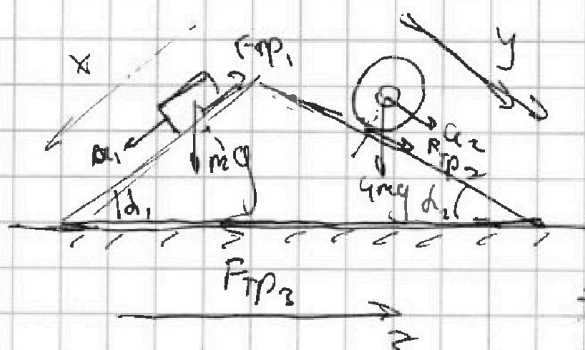


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 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!



а) расн 2 з-н Ньютона

на  $Ox$  для спуска:

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{тр1}$$

$$\Rightarrow F_{тр1} = m(g \sin \alpha_1 - a_1) =$$

$$= mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} mg$$

б) расн 2 з-н Ньютона на  $Oy$  для

вращения:  $4ma_2 = F_{тр2} + 4mg \sin \alpha_2$

$$\text{Откуда } F_{тр2} = 4m(a_2 - g \sin \alpha_2) =$$

$$= 4mg \left( \frac{5}{24} - \frac{5}{13} \right) = -4mg \cdot \frac{55}{24 \cdot 13} = -\frac{55}{78} mg$$

т.е. по модулю  $F_{тр2} = \frac{55}{78} mg$

в) по 2 з-ну Ньютона, расн на  $OZ$ :

$$F_{тр3} = F_{тр1} \cos \alpha_1 - F_{тр2} \cos \alpha_2$$

$$F_{тр3} = F_{тр1} \cos \alpha_1 - F_{тр2} \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} -$$

$$- mg \cdot \frac{55}{78} \cdot \frac{12}{13} = mg \left( \frac{14 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 6 - 55 \cdot 12 \cdot 5 \cdot 5}{65 \cdot 5 \cdot 13 \cdot 6} \right) =$$

$$= mg \frac{4368 - 16500}{5 \cdot 5070} = -\frac{12132}{5 \cdot 5070} mg = -\frac{2022}{4225} mg$$

$$\Rightarrow |F_{тр3}| = \frac{2022}{4225} mg$$

Ответ:  $F_{тр1} = \frac{14}{65} mg$ ;  $F_{тр2} = \frac{55}{78} mg$ ;  $F_{тр3} = \frac{2022}{4225} mg$







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

Следовательно подведение тепла идёт на

уч. 3-5. Тогда  $Q_3 = Q_{12} + Q_{35}$

$$A_{12} + \Delta U_{12} = 3V_0 \cdot \frac{4+2.5}{2} P_0 + \frac{3}{2} (7 \cdot 2.5 - 4 \cdot 4) P_0 V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} P_0 V_0 (6.5 + 1.5) = 12 P_0 V_0$$

$$Q_{35} = A_{35} + \Delta U_{35} = (7V_0 - \frac{24}{5}V_0) \cdot \frac{1+(8-\frac{24}{5})}{2} P_0 +$$

$$+ \frac{3}{2} \left( \frac{24}{5} (8 - \frac{24}{5}) - 7 \right) P_0 V_0 = \frac{11}{5} V_0 \cdot \frac{21}{10} P_0 + \frac{327}{50} P_0 V_0 =$$

$$= \frac{558}{50} P_0 V_0 = \frac{279}{25} P_0 V_0$$

Тогда  $\eta = \frac{\frac{3}{2} P_0 V_0}{12 P_0 V_0 + \frac{279}{25} P_0 V_0} = \frac{9 \cdot 25}{579 \cdot 4} = \frac{75}{772}$

Ответ:  $\frac{Q_{35}}{A_{35}} = 7$ ;  $\frac{T_4}{T_3} = \frac{9}{8}$ ;  $\eta = \frac{75}{772}$



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

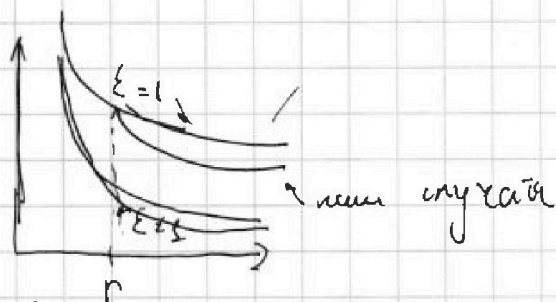
1 ИЗ 1

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!

1) При постоянном  $\epsilon$ , форма потенциала будет.

$$\frac{kQ}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} \rightarrow \text{Но т.к. } \epsilon \text{ у нас разный}$$

То, если провести график  $\varphi(x)$ , то



$$\text{т.е. } \frac{\varphi(R_1)}{\varphi_0} \neq \epsilon, \text{ где } (R_1 > r)$$

будет:

$$\frac{\varphi}{\varphi_0}(R_1) = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{\epsilon-1}{r} \right)$$

$$\text{Отсюда: } \frac{\varphi}{\varphi_0}(R_1) = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{r + R_1 + \epsilon R_1}{R_1 r}$$

$$R_1 = \frac{R}{\epsilon} \Rightarrow \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{4r - R + \epsilon R}{R r}$$

$$2) \text{ Отсюда: } \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{3r - R + \epsilon R}{R r} = \varphi_0$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{3r - 2R + 2\epsilon R}{2R r} = 3\varphi_0$$

$$\frac{2(3r - R + \epsilon R)}{3r - 2R + 2\epsilon R} = \frac{4}{3}$$

$$18r - 6R + 6\epsilon R = 12r - 8R + 8\epsilon R$$

$$6r = 2R\epsilon - 2R + 2\epsilon R$$

$$3r = R(\epsilon - 1) / 3$$

$$\text{из графика } r = \frac{R}{\epsilon} = \frac{R(\epsilon-1)}{3}$$

$$\Rightarrow 2\epsilon = 1.5$$

$$\text{Ответ: } \frac{\varphi}{\varphi_0}\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{4r - R + \epsilon R}{R r} \quad \epsilon = 1.5$$





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  
☐

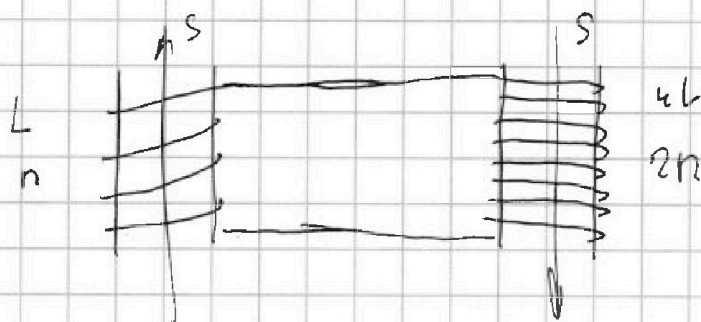
6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!



$$\begin{aligned} 5) \quad \mathcal{E}_n &= \frac{d\Phi}{dt} = \frac{nBSn}{dt} = d\Phi \Rightarrow \mathcal{E}_n = \text{const} \Rightarrow \\ &\Rightarrow I = \text{const} \Rightarrow U_{\text{изм}} = 0 \end{aligned}$$

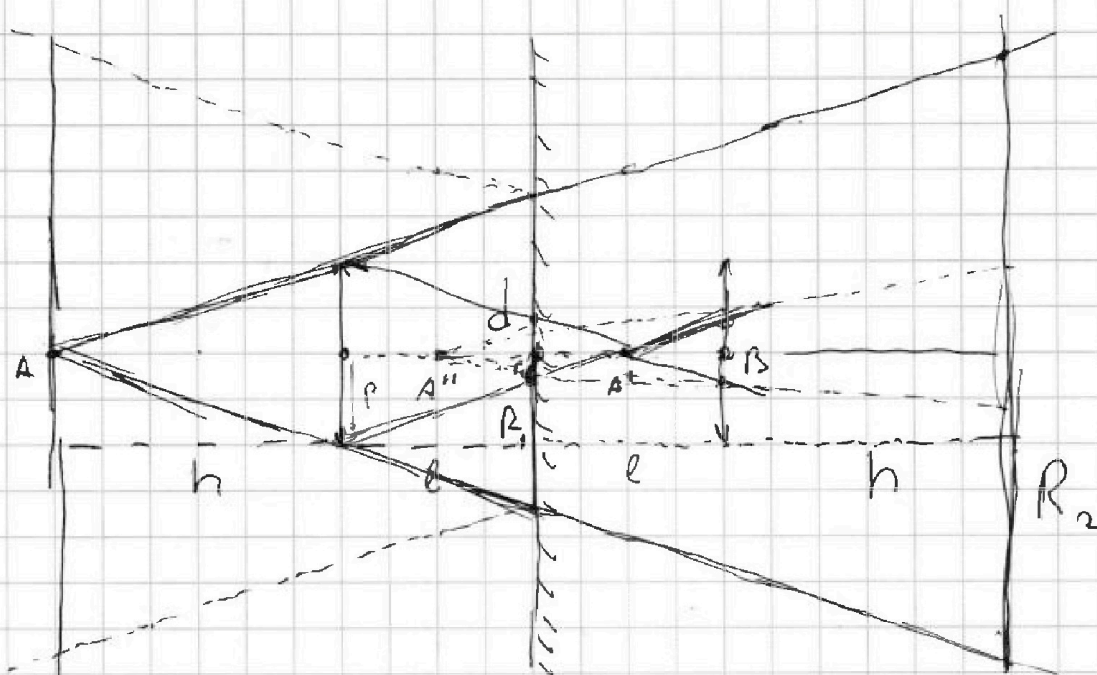


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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) Т.к. зеркало, то мы можем отразить картинку от него. Тогда всё, что прошло не через линзу будет освещено.

Т.е.  $R_1$  тени от линзы на зеркале  $= r \cdot \frac{h+l}{h} = \frac{5}{3}r$

А по формуле т.п.  $\frac{1}{h} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow d = h$

$\Rightarrow$  кру  $r_{об} = r \cdot \frac{h-l}{h} = \frac{r}{3} \rightarrow$  площадь тени на

зеркале  $= \pi R_1^2 - \pi r_{об}^2 = \pi r^2 \left( \frac{25-1}{9} \right) = \pi \frac{8}{3} r^2$

$= 24 \pi \text{ см}^2$

- 2)  $R_2$  - освещ части на стене - это  $r \cdot \frac{2(h+l)}{h} = \frac{10}{3}r$



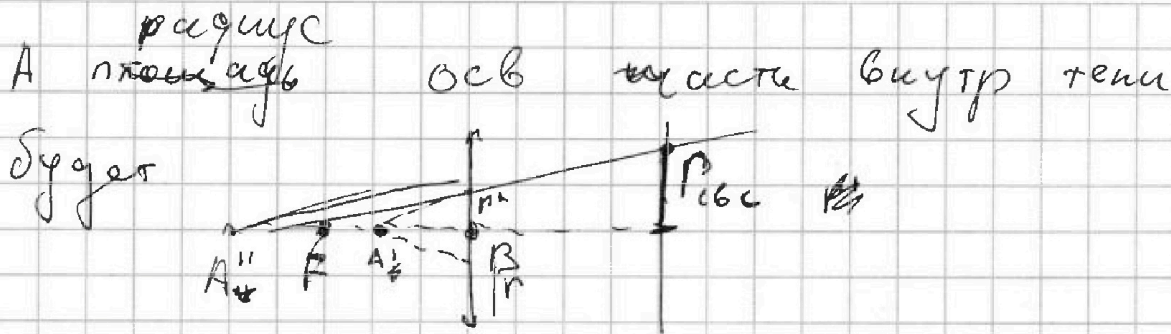
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!



т.к.  $A'$  лежит в фокусе, то  $(2l - h < \frac{h}{2})$ ,  
то лучи пойдут, как продолжения лучей  
из  $A''$ , ~~тогда~~ (много изобр.  $A'$ )  
тогда  $r' = \frac{r}{h} \cdot (2l - h) = r \frac{r}{3}$   $A''B = \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{1}{\frac{h}{2}} - \frac{1}{\frac{h}{2}}}$

$$= \frac{1}{h} \Rightarrow A''B = h \Rightarrow r_{свс} = r' \cdot \frac{2h}{h} = 2r' = \frac{2}{3}r$$

$$\Rightarrow S_{\text{осв. тени,св}} = \pi R_2^2 - \pi \cdot (2r')^2 = \pi r^2 \left( \left( \frac{10}{3} \right)^2 - \left( \frac{2}{3} \right)^2 \right) =$$

$$= 96\pi \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_{\text{тени,з}} = 24\pi \text{ см}^2$ ;  $S_{\text{тени,с}} = 96 \text{ см}^2$

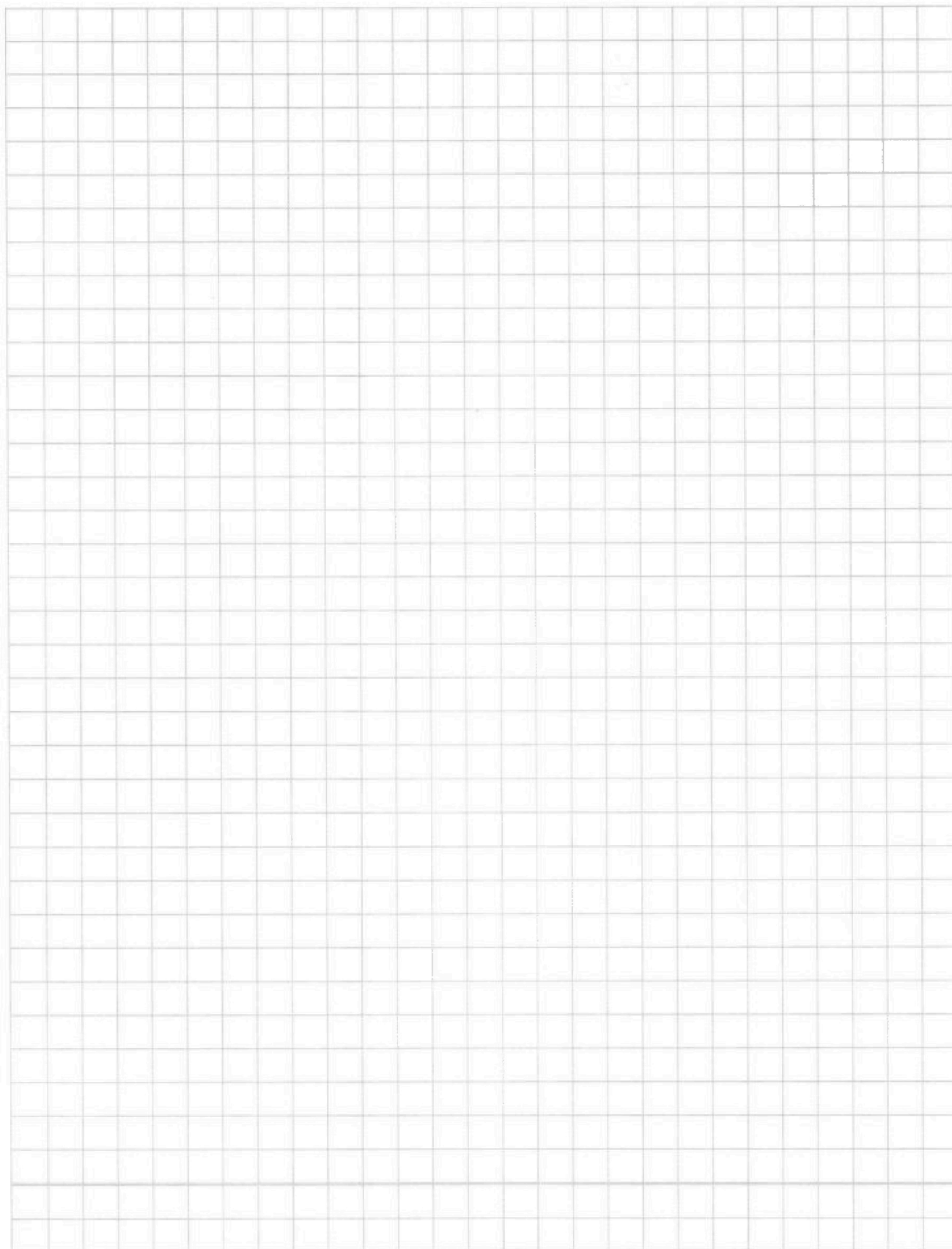


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

$9 \cdot 10^9 = \frac{1}{4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \epsilon_0}$   
 $\epsilon_0 = \frac{1}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 14}$

$113.04 \cdot 10^7$   
 $11304 \cdot 10^7$

$3.14$   
 $36$   
 $1884$   
 $1942$   
 $13.04$

$Q_3 = Q_{12} + Q_{34}$   
 $PV^{\gamma} = \text{const}$

$\frac{3}{2} \cdot 8 = 12 P_0 V_0^{\frac{3}{2}}$

$3 \cdot \frac{4+2.5}{2} P_0 V_0$   
 $\frac{3}{2} (16 P_0 V_0 - 7.25 P_0 V_0)$

$\frac{3}{2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$   
 $\frac{3}{2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{2F}$   
 $\frac{1}{d} = -\frac{1}{2F}$

$(V^{\frac{3}{2}}(-V+8))' =$   
 $2(V^{\frac{5}{2}})' + 6(V^{\frac{3}{2}})' =$   
 $= -\frac{5}{2} V^{\frac{3}{2}} + 12 V^{\frac{1}{2}} = 0$   
 $5V = 12$   
 $V = \frac{12}{5}$

$\varphi = \frac{kQ}{R}$

$V = \frac{36}{5} \approx 7.2$

$\frac{24}{5}$   
 $20$   
 $4L$





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!

$$\delta = \frac{24}{5} = \frac{40-24}{5} = \frac{16}{5} \quad \epsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B S}{\Delta t} = \Delta S$$

$$\frac{16}{5} \cdot \frac{24}{5} = 7 \quad \frac{16 \cdot 24 - 7 \cdot 25}{25}$$



$$F_{tr} = \frac{16}{5} \cdot \frac{24}{5} = 7 \quad \frac{16 \cdot 24 - 7 \cdot 25}{25}$$

$$\frac{104}{25} \cdot \frac{3}{2} = \frac{156}{25}$$

$$\frac{104}{25} \cdot \frac{3}{2} = \frac{156}{25}$$

$$\frac{104}{25} \cdot \frac{3}{2} = \frac{156}{25}$$

$$ma = mg \sin \alpha - F_{tr}$$

$$F_{tr} = mg \sin \alpha - ma = m \left( \frac{3}{5} g - \frac{5}{15} g \right)$$

$$F_{tr} = mg \frac{24-25}{65} = \frac{14}{65} mg$$

$$11.21 = \frac{231}{558}$$

$$\begin{array}{r} 5070 \\ 845 \\ \hline 169 \end{array} \begin{array}{r} 62 \\ 5 \\ \hline 13 \end{array}$$

$$\Delta U = \left[ \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) \right] = \frac{3}{2} \cdot 2 V_0 \cdot \frac{3}{2} P_0 = \frac{9}{4} P_0 V_0$$

$$A_5 = 3 V_0 \cdot \left( \frac{4+2.5}{2} \frac{3}{4} - \frac{1+4}{2} \right) P_0 = \frac{9}{4} P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta U}{A_5} = 7$$

$$P_0 = -\frac{V_0}{2} + 6 P_0 \quad \frac{455}{5070}$$

$$PV = \text{const}$$

$$\left( -\frac{V}{2} + 6 P_0 \right)' = \left( -\frac{V^2}{2} + 6 V P_0 \right)'$$

$$P_0 = -V + 8 \quad \frac{337}{28} \quad \frac{23}{19} \quad -V + 6 P_0 = 0 \quad V = 6$$

$$V(-V+8)' = (-V^2+8V)' = -2V+8 \quad V=4$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{kQ}{R} \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 129 \\ \hline 50 \\ 25 \\ \hline 300 \\ 129 \\ \hline 579 \end{array}$$

$$\frac{529}{37} \quad \frac{1193}{37}$$

$$\frac{337}{28} \quad \frac{23}{19}$$

$$\begin{array}{r} 12132 \\ 3033 \\ \hline 1011 \\ 837 \end{array} \begin{array}{r} 2 \\ 3 \\ \hline 3 \\ 352 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ 193 \\ \hline 4 \\ 772 \end{array}$$