

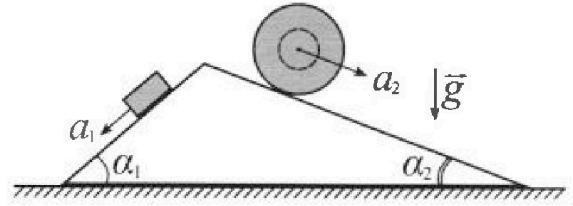
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

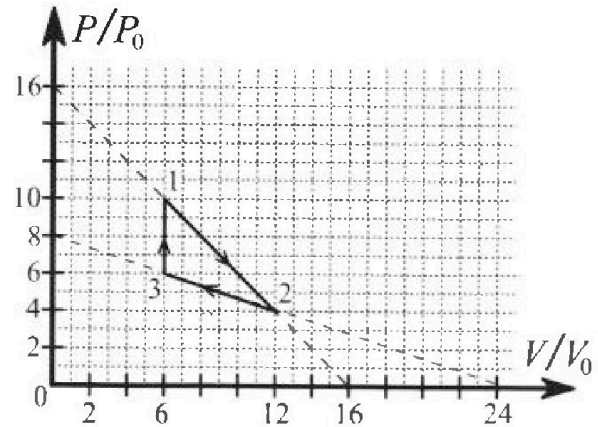
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$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

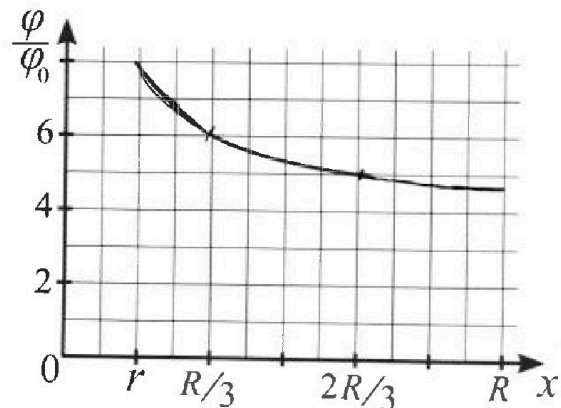
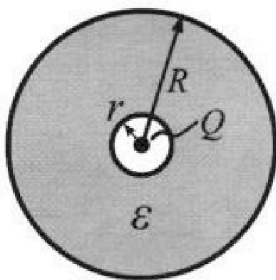


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



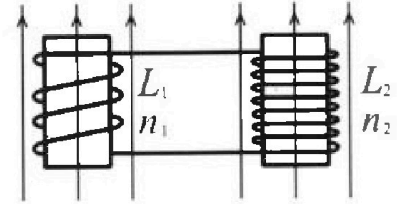
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

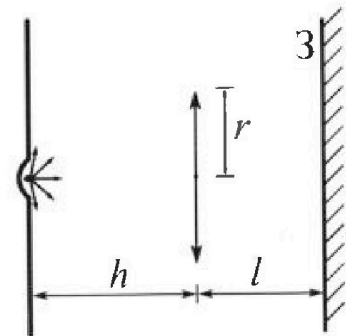


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 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

Чистовик

По II закону Ньютона сумма сил, действующих на клин равна 0.

$$\vec{F}_{TP_1} + \vec{F}_{TP_2} + \vec{F}_{TP_3} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{N}_3 = 0$$

$F_{TP_{1,2,3}}$  - сила трения брусок-клин, шар-клин, сталь-клин

$N_{1,2,3}$  - сила реакции брусок-клин, шар-клин, сталь-клин.

Значения некоторых сил можно сразу найти из условия:

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha_1 =$$

$$N_2 = m_2 g \cos \alpha_2 = mg \cdot \frac{3}{5}$$

$$1) F_{TP_1} = m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 a_1 = F_1 = \frac{9m}{4} g \cdot \frac{4}{5} = \frac{18}{20} mg = \frac{9}{10} mg = \frac{3}{5} mg - m \cdot \frac{5g}{17} = \frac{26}{85} mg$$

$$2) F_{TP_2} = m_2 g \sin \alpha_2 - m_2 a_2 = F_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \frac{8}{17} = \frac{18}{17} mg = \frac{9m}{4} g \cdot \frac{8}{17} - \frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{24} = \frac{2}{3} mg$$

Для нахождения сил  $N_3$  и  $F_{TP_3}$  нужно рассмотреть II закон Ньютона по осям:



$$F_{TP_3} = N_{1z} + N_{2z} + F_{TP_1z} + F_{TP_2z}$$

$$N_3 = N_{1y} + N_{2y} + F_{TP_1y} + F_{TP_2y}$$

Ответ: 1)  $\frac{3}{5} mg$ , 2)  $\frac{18}{17} mg$  2)  $\frac{2}{3} mg$ ; 1)  $\frac{26}{85} mg$



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

Истовал

1) Приращение внутренней энергии  $\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \Delta(PV)$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} (48 P_0 V_0 - 60 P_0 V_0) = -18 P_0 V_0$$

Работа газа за цикл  $A_4$  равна площади, заключенной внутри графика  $P(V)$ :

$$A_4 = \frac{ah}{2} = \frac{4 P_0 \cdot 6 V_0}{2} = 12 P_0 V_0 \quad a - \text{основание треугольника, } h - \text{высота}$$

Отсюда:

$$\frac{|\Delta U_{1-2}|}{A_4} = \frac{18}{12} = 1,5$$

2) По уравнению Менделеева-Клапейрона  $PV = \nu RT$ ,

поэтому  $T \sim PV$ . Значит, максимальная температура будет достигнута в точке, где произведение  $PV$  максимально. Чтобы ее найти, найдем сначала зависимость  $P(V)$  для участка 1-2:

$$P = 16 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V \quad P=1 \text{ тогда } PV(V) = 16 P_0 V - \frac{P_0}{V_0} V^2$$

ее производная:  $(PV)' = 16 P_0 - 2 \frac{P_0}{V_0} V$  равна нулю при:

$$16 P_0 - 2 \frac{P_0}{V_0} V = 0 \Rightarrow V = 8 V_0 \quad \text{Это соответствует максимуму квадратичной функции}$$

$16 P_0 V - \frac{P_0}{V_0} V^2$  (единственности). Само значение  $PV$  при этом:

$$(PV)_{\text{max}} = 16 P_0 \cdot 8 V_0 - \frac{P_0}{V_0} \cdot 64 V_0^2 = 64 P_0 V_0$$

Температура в точке 3 также пропорциональна  $PV$ , которое равно:

$$(PV)_3 = 6 P_0 \cdot 6 V_0 = 36 P_0 V_0 \quad \frac{T_{\text{max}}}{T_3} = \frac{(PV)_{\text{max}}}{(PV)_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9} = 1 \frac{7}{9}$$

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

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!

*Тестовик*

3) КПД  $\eta$  равен отношению работы газа за цикл к количеству теплоты, поступающей от нагревателя за цикл ( $Q_H$ )

$$\eta = \frac{A_4}{Q_H}$$

по I закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A \Rightarrow Q$$

$$Q_H = Q_{3-1} + Q_{1-2} = \frac{3}{2}(P_1 V_1 - P_2 V_3) + 0 + \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{10P_0 + 4P_0}{2} \cdot 6V_0 =$$

$$= 60P_0 V_0$$

Ответ:  $\eta = \frac{A_4}{Q_H} = \frac{12P_0 V_0}{60P_0 V_0} = 0,2 = \frac{1}{5}$

Ответ: 1)  ~~$\frac{3}{2}$~~  ; 2)  $\frac{16}{9}$  ; 3)  $\frac{1}{5}$

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 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!

~ 3

Исходник

1) Напряжённость поля снаружи шара равна:

$$E = k \frac{Q}{x^2} \quad x > R \quad k - \text{константа Кулона} \quad x - \text{расстояние до центра шара}$$

Внутри электрического шара напряжённость уменьшается в  $\epsilon$  раз:

$$E = k \frac{Q}{\epsilon x^2} \quad r < x < R$$

Потенциал на расстоянии поверхности шара радиусом  $R$  равен изменению потенциальной энергии ~~требованного~~ точечного заряда, перемещённого из бесконечности на эту поверхность, делёной на его заряд:

$$\varphi_R = \frac{E_{\text{пр}} - E_{\text{пос}}}{q} = \frac{k \frac{Q}{R} - k \cdot 0}{1} = k \frac{Q}{R}$$

При погружении внутрь электрического шара, напряжённость уменьшается, и потенциальная энергия будет расти не так быстро. Можно вычислить разность потенциалов между точкой на поверхности радиусом  $R$  и точкой внутри электрического шара на расстоянии  $x$  от центра:

~~$$\varphi_x - \varphi_R = \frac{E_{\text{пр}} - E_{\text{пр}}}{q} = \int_x^R -k \frac{Q}{\epsilon x^2} dx + \varphi_R = k Q \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$~~

Таким образом, при  $x = \frac{11R}{12}$ :

$$\varphi_x - \varphi_R = \int_x^R -k \frac{Q}{\epsilon x^2} dx = k \frac{Q}{\epsilon x} - k \frac{Q}{\epsilon R}$$

$$\varphi_x = k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right) + \varphi_R = k Q \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$

при  $x = 11R/12$ :

$$\varphi_{\frac{11R}{12}} = k Q \left( \frac{1}{\epsilon \left( \frac{11R}{12} \right)} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) = k Q \left( \frac{1}{11\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) = \frac{k Q}{R} \left( \frac{1}{11\epsilon} + 1 \right)$$



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!

Условие

2) Пусть  $\varphi_0$  - потенциал в точке, удаленной от центра шара на  $x_0$ ,

$$\text{тогда } \varphi_0 = k \frac{Q}{x_0}$$

$$\frac{\varphi_x}{\varphi_0} = \frac{kQ \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)}{kQ \left( \frac{1}{x_0} \right)} = x_0 \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$

В данной формуле 2 неизвестных:  $x_0$  и  $\epsilon$ , которые можно найти,

составив систему уравнений по точкам на графике:

$$\left( \frac{\varphi_x}{\varphi_0} \right)_1 = 6 ; \quad x_1 = \frac{R}{3} \qquad \left( \frac{\varphi_x}{\varphi_0} \right)_2 = 5 \qquad x_2 = \frac{2R}{3}$$

$$\begin{cases} 6 = x_0 \left( \frac{3}{\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) \\ 5 = x_0 \left( \frac{3}{2\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) \end{cases} \Rightarrow \frac{6}{5} = \frac{\left( \frac{2}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)}{\left( \frac{1}{2\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)}$$

$$\frac{6}{2\epsilon R} + \frac{6}{R} = \frac{10}{\epsilon R} + \frac{5}{R} \quad | \cdot \epsilon R$$

$$\frac{\epsilon}{2} + 6\epsilon = 10 + 5\epsilon$$

$$3 + 6\epsilon = 10 + 5\epsilon$$

$$\epsilon = 7$$

Ответ: 1)  $k \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{7\epsilon} + 1 \right)$ ; 2) 7



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!

Четовик

Метр найдем  $\text{tg } \gamma$ :

$$\text{tg } \gamma = \frac{r - \frac{r}{2}}{2h} = \frac{5}{4} \frac{r}{h}$$

Зная это, найдем, на каком расстоянии  $x$  от линзы лучи вновь собираются в точку:

$$x = \frac{\left(\frac{r}{2}\right)}{\text{tg } \gamma} = \frac{4}{10} h$$

Отсюда можно вычислить радиус светлого пятна на стене (обозначим его  $M_1$ ):

$$M_1 = h - x \cdot \text{tg } \gamma = \frac{6}{10} h \cdot \frac{5}{4} \frac{r}{h} = \frac{3}{4} r$$

Лучи, не попавшие на линзу крз, прошедшие по её краю и отразившиеся от зеркала, попадут на стену, образуя круг радиусом  $M_2$ :

$$M_2 = 2R_2 = 3r$$

Площадь освещённой части  <sup>$S_{\text{ст}}$</sup>  найдем аналогично маковой у зеркала:

$$S_{\text{ст}} = \pi (M_2^2 - M_1^2) = \pi \left( 3^2 r^2 - \left(\frac{3}{4}\right)^2 r^2 \right) = 16\pi \left( 9 - \frac{9}{16} \right) = 16\pi \left( \frac{144 - 9}{16} \right) = 135\pi$$

Ответ: 1)  $27\pi$  ; 2)  $135\pi$





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  
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!

Иштовик

$$R_1 = r - \operatorname{tg} \alpha \cdot L = r - \frac{r}{2h} \cdot \frac{h}{2} = r - \frac{r}{4} = \frac{3}{4} r$$

лучи, не попавшие на линзу, но прошедшие по её краю, упадут на зеркало под углом  $\beta$ . Радиусе образующей или окружности  $R_2$ :

$$R_2 = \operatorname{tg} \beta \cdot (h + L) = \frac{r}{h} \cdot \frac{3}{2} h = \frac{3}{2} r$$

Тогда площадь освещённой части зеркала  $S_2$  можно найти, как площадь кольца с внутренним радиусом  $R_1$  и внешним  $R_2$ :

$$S_2 = \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi \left( \left( \frac{3}{2} r \right)^2 - \left( \frac{3}{4} r \right)^2 \right) = \pi r^2 \left( \frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = 16\pi \cdot \frac{27}{16} = 27\pi$$

2) Отразившись от зеркала параллельные лучи снова попадают на линзу. Они в параллеляются и сходятся в точку, а затем снова расходятся и падают на стену, образуя светлое пятно. Найдите угол  $\delta$ , под которым будут сходить лучи можно также, используя формулу тонкой линзы, считая, что объект, испускающий свет — это зеркало:

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{b} = \frac{1}{l}$$

$L$  — расстояние до изображения

$$L = \frac{1}{\left( \frac{1}{\frac{2h}{3}} - \frac{1}{\frac{h}{2}} \right)} = \frac{1}{\left( \frac{3}{2h} - \frac{2}{h} \right)} = -2h$$

изображение мнимое, значит, параллельные лучи пойдут так, как они шли бы без преломления из точки, удалённой на  $-2h$  от линзы.

При этом расстояние от мнимого изображения до оптической оси можно определить, представив, что из крайней точки зеркала, куда упал крайний параллельный луч, идёт ещё один луч в центр линзы (так было бы, если бы там был объект). Он не преломится на линзе и при этом также «исходит» из мнимого изображения. Отсюда можно найти угол  $\delta$ , который он образует с оптической осью:

$$\sin \operatorname{tg} \delta = \frac{R_1}{l} = \frac{\left( \frac{3}{4} r \right)}{\left( \frac{h}{2} \right)} = \frac{3}{2} \frac{r}{h}$$

Отсюда:  $\rho = \operatorname{tg} \delta \cdot 2h = 3r$

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

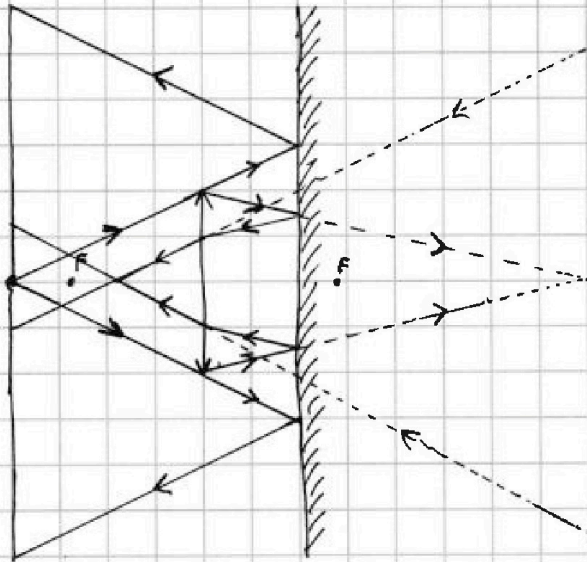
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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!

№ 5

Чистовик

Изобразим ход лучей:



1) Каким образом накопится дальше фокуса линзы, укажут, или не учитывать зеркало, когда применяем формулу, лучи от неё должны сойтись обратно в точку, расстояние между которой и линзой можно вычислить по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{D} = \frac{1}{d}$$

$D$  - расстояние до объекта (от линзы)  
 $d$  - расстояние до изображения (от линзы)

$$\frac{1}{(2\frac{h}{3})} - \frac{1}{h} = \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{1}{(\frac{3}{2h} - \frac{2}{2h})} = \frac{1}{(\frac{1}{2h})} = 2h$$

Однако эти лучи на самом деле попадут на зеркало с углом падения  $\alpha$  и с ним же отразятся. При этом:

$$\tan \alpha = \frac{r}{2h}$$

Таким образом можно вычислить радиус освещённой части зеркала  $R$ :



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  
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!

1)  $A = \int P(V) dV$   $A_{12} = \frac{(10+4)P_0}{2} (12V_0 - 6V_0) = 7P_0 \cdot 6V_0 = 42P_0V_0$  Термовик  
 $A_{2-3} = \frac{6+4}{2} P_0 \cdot (6-12)V_0 = -5P_0 \cdot 6V_0 = -30P_0V_0$   
 $A_{3-1} = 0$   $A = (42 - 30)P_0V_0 = 12P_0V_0$

$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} PV$   $U_1 = \frac{3}{2} \cdot 10P_0 \cdot 6V_0 = 90P_0V_0$   $U_2 = \frac{3}{2} \cdot 4P_0 \cdot 12V_0 = 72P_0V_0$

$U_2 - U_1 = (72 - 90)P_0V_0 = -18P_0V_0$   $\frac{U_2 - U_1}{A} = \frac{-18}{12} P_0V_0 = -\frac{3}{2} = \boxed{-1,5}$

2)  $PV = \nu RT \Rightarrow \frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow T \sim \frac{1}{PV}$   $T \sim PV$

$P(V) = 16P_0 - 1 \frac{P_0}{V_0} V = 16 - V$

$(16 - V)V = 16V - V^2$   $P(V)' = 16 - 2V$   $16 - 2V = 0$   $V = 8 = V_{\text{max}}$

$(PV)_{\text{max}} = PV(V=8) = 64P_0V_0$

$16 - \frac{1}{V_0} V = 0$   $V = \frac{16V_0}{2}$

$(PV)_3 = 6P_0 \cdot 6V_0 = 36P_0V_0$

$PV = \nu RT$   $\frac{64P_0V_0}{36P_0V_0} = \frac{T_{1-2 \text{ max}}}{T_3} = \frac{11 \cdot 32}{6 \cdot 18}$

$= \frac{16}{9} = \boxed{1 \frac{7}{9}}$

$Q_H = 2(P_0V_0) \frac{3}{2}(P_0V_0) + A_{1-2}$

3)  $\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{12P_0V_0}{Q_H}$

$Q_{H1} = \frac{3}{2} (2 \cdot 48 - 60) P_0V_0 + 42P_0V_0 = (18 + 42) P_0V_0 = 60P_0V_0$   $Q_{H1} = \frac{3}{2} \cdot (60P_0V_0) = 90P_0V_0$

$Q_{H2} = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot 24P_0V_0 = 36P_0V_0$

$42 - 24 = 18$

$Q_H = 36P_0V_0 + 60P_0V_0 = 96P_0V_0$

$42 - 18 = 24P_0V_0$

$Q_{H3} = \frac{3}{2} \cdot (36 - 48) P_0V_0 + (-30) P_0V_0 = (-6 - 30) P_0V_0 = -36P_0V_0$

$36 + 24 = 60P_0V_0$

$Q = \frac{3}{2} (60P_0V_0) + A$   $Q_{H1} = \frac{3}{2} (60 - 36) = 36P_0V_0$

$36 + 18 = 54P_0V_0$

$36 - 41 = -5$

$Q_{H2} = \frac{3}{2} (48 - 60) P_0V_0 + 42P_0V_0 = 18P_0V_0$

$Q_{H3} =$

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!



$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = \frac{12}{60} = \boxed{0,2}$$

Черновик

$$Q_H = \Delta U + A \quad Q_H \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} = -\Delta U_{3-1}$$

$$\Delta U_{3-1} = \frac{3}{2} (60 - 36) P_0 V_0 = 36 P_0 V_0 \quad \Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} (48 - 60) P_0 V_0 = -18 P_0 V_0$$

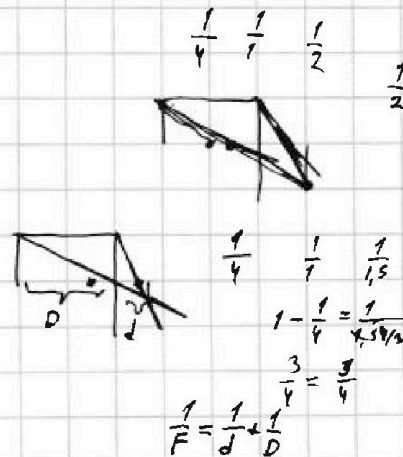
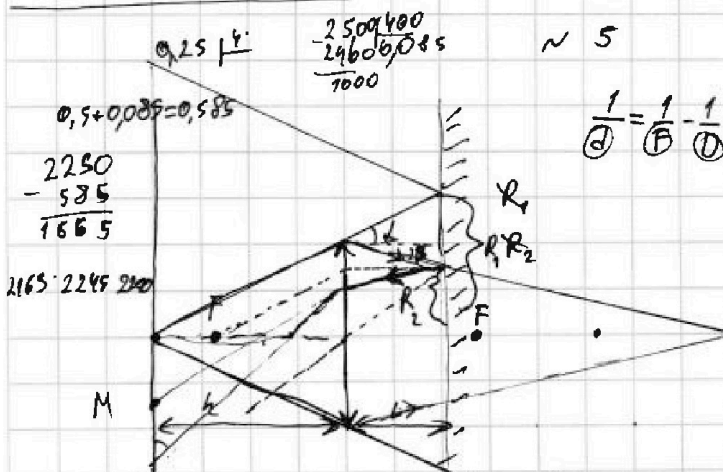
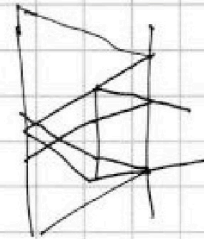
$$\Delta U_{3-2} = 18 P_0 V_0 \quad \Delta U_{3-1} = \frac{3}{2} (36 - 48) P_0 V_0 = -18 P_0 V_0$$

$$A_{1-2} = \frac{46}{2} P_0 V_0 = 23 P_0 V_0 \quad \frac{10+4}{2} P_0 \cdot 6 V_0 = 42 P_0 V_0$$

$$Q_H = 18 P_0 V_0 + 42 P_0 V_0 = 60 P_0 V_0$$

$$Q_X = -18 P_0 V_0 + A_{2-3} = -18 P_0 V_0 - \frac{6+4}{2} P_0 \cdot 6 V_0 = -18 - 30 P_0 V_0 = -48 P_0 V_0$$

$$Q_H - Q_X = \boxed{12 P_0 V_0}$$



$$D = h \quad d = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{D}} = \frac{1}{\frac{1,5}{2h} - \frac{1}{h}} = \frac{1}{\frac{3}{2h} - \frac{2}{2h}} = \frac{1}{\frac{1}{2h}} = 2h$$

$$\alpha = \arctg \frac{r}{h}$$

$$\beta = \arctg \frac{r}{2h}$$

$$R_1 = h + \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{3}{2} h = \frac{r}{h} \cdot \frac{3}{2} h = \frac{3}{2} r = 1,5 r$$

$$R_2 = r - \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{h}{2} = r - \frac{r}{2h} \cdot \frac{h}{2} = r - \frac{r}{4} = \frac{3}{4} r = 0,75 r$$

$$S_3 = \pi (R_1^2 - R_2^2) = \pi (7,5^2 - 0,75^2) r^2 = \pi (2,25 - 0,5625) \cdot 4^2 = 1,6875 \cdot 16 \pi =$$

$$\left(\frac{3}{2}\right)^2 - \left(\frac{3}{4}\right)^2 \pi \cdot 16 = \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16}\right) 16 \pi = \frac{36-9}{16} \cdot 16 \pi = \boxed{78 \pi}$$

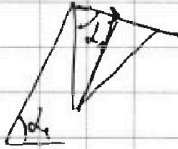
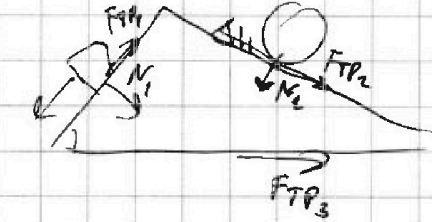


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\vec{0} = \vec{F}_{TP1} + \vec{F}_{TP2} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{TP3} \quad \text{Термовик}$$

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha_1 =$$

$$N_2 = m_2 g \cos \alpha_2$$

$$F_{TP1} = m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 a_1$$

$$F_{TP2} = m_2 g \sin \alpha_2 - m_2 a_2$$

$$\frac{3}{5} - \frac{5}{12} = \frac{36}{60} - \frac{25}{60} = \frac{11}{60}$$

$$\frac{51-25}{85} = \frac{26}{85}$$

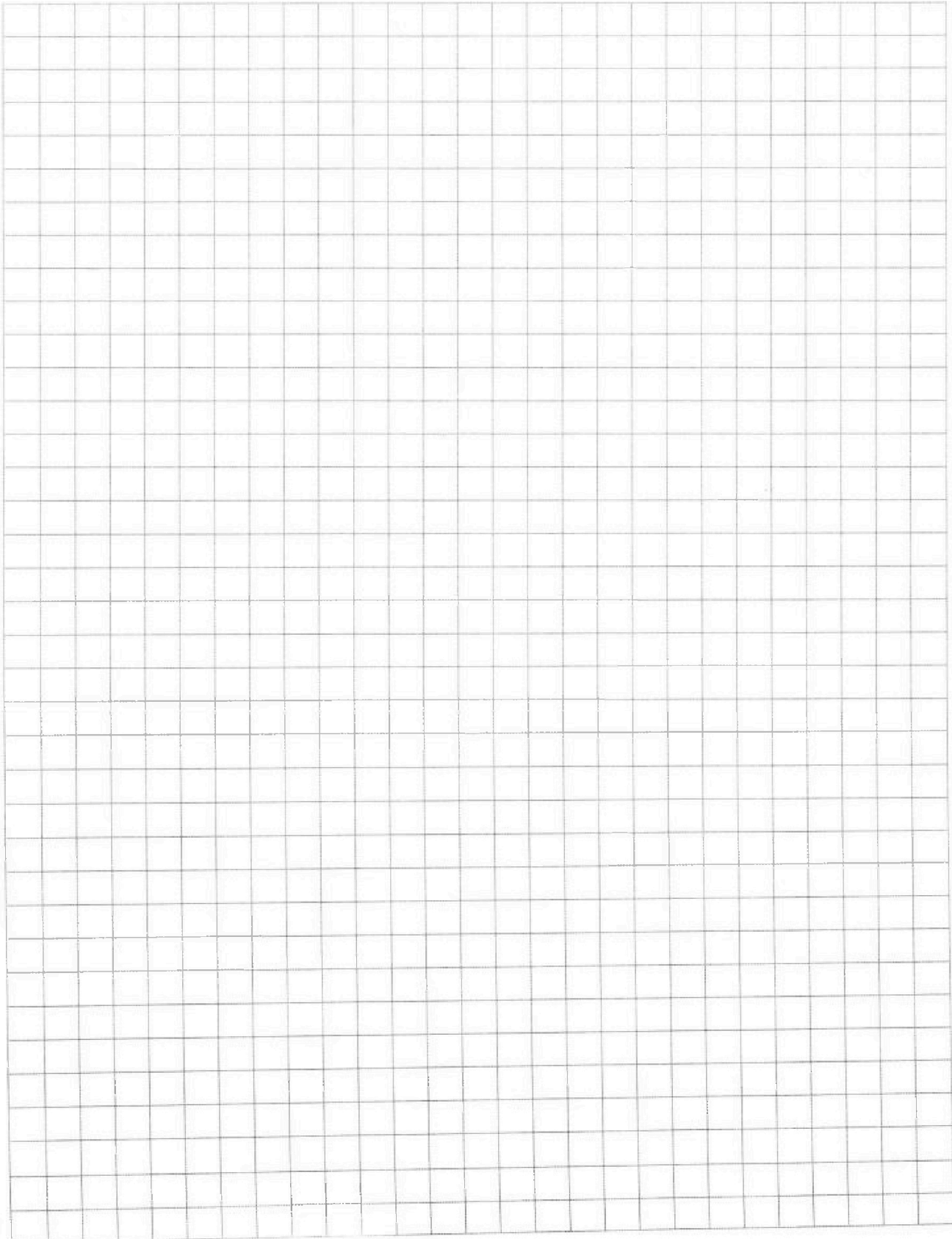


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Черновик

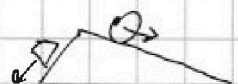
$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{x_0}{\epsilon x}$$

$$x = \frac{R}{3} \quad \frac{x_0}{\epsilon x} = 6$$

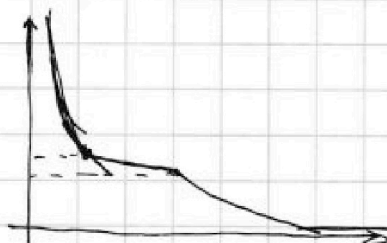
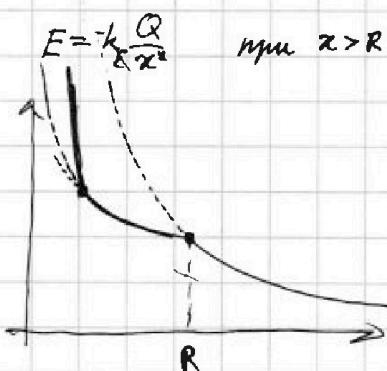
$$\frac{x_0}{\epsilon \frac{R}{3}} = 6 \quad \frac{x_0}{\epsilon R} = 18 \cdot 2$$

$$R = \frac{2}{3} \quad x = 2 \frac{R}{3} \quad \frac{x_0}{\epsilon x} = 5$$

$$\frac{x_0}{\epsilon \cdot 2 \frac{R}{3}} = 5 \quad \frac{x_0}{\epsilon R} = \frac{10}{3}$$



$$\frac{\varphi}{\varphi_0} (R) = \frac{x_0}{\epsilon x}$$



$$E_n = \int E dx = \int k \frac{Q}{x^2} dx$$

$$E = -k \frac{Q}{\epsilon x^2}$$

$$E_n = \int E(x) dx$$

$$0 + k \frac{Q}{x} = \varphi_R \quad k \frac{Q}{R} = \varphi_R$$

$$\varphi_r - \varphi_R = -k \frac{Q}{\epsilon x} - k \frac{Q}{\epsilon R} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$$

$$\varphi_r = k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) + \varphi_R = k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon r} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) =$$

$$= k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon r} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$

$$\varphi_0 - \varphi_r = \infty$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{x_0}{x} \quad \text{при } x > R$$

$$1) \quad \varphi = k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{k \frac{Q}{\epsilon} \left( \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)}{k \frac{Q}{\epsilon} \frac{1}{x_0}} = \frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \cdot x_0 = \left( \frac{x_0}{\epsilon x} - \frac{x_0}{\epsilon R} + \frac{x_0}{R} \right)$$

$$\begin{cases} 6 = x_0 \left( \frac{3}{\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) \\ 5 = x_0 \left( \frac{3}{\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right) \end{cases}$$

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

$$\frac{6}{5 \cdot 2 \epsilon R} + \frac{1}{5 R} =$$

$$\frac{6}{2 \epsilon R} + \frac{6}{R} = \frac{10}{\epsilon R} + \frac{5}{R} \quad | : \epsilon R$$

$$\frac{6 \epsilon + 6 \epsilon}{2} = 10 + 5 \epsilon$$

$$\frac{1}{2} (3 + 6 \epsilon) = 10 + 5 \epsilon$$

$$\boxed{\varphi = \epsilon}$$

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  
\_ 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*

$\frac{1}{F} - \frac{1}{2} = \frac{1}{x}$   
 $\frac{3-4}{2h} = \frac{-1}{2h}$   
 $\frac{h}{6}$   
 $\frac{4h-3h}{6} = \frac{1h}{6} \cdot \frac{6}{h}$   
 $-3F = -3 \cdot \frac{2}{3} h = -2h$   
 $\frac{1}{F} - \frac{1}{3/4 F} =$   
 $\frac{1}{F} - \frac{4}{3F} = -\frac{1}{3F}$   
 $x = -3F$   
 $\tan \alpha = \tan \beta = \tan \gamma =$   
 $L = \tan \epsilon \cdot 3F = \frac{3}{4} r$   
 $\cdot 3F = \frac{3}{4} r \cdot \frac{4}{h} = \frac{3}{h} r \cdot \frac{2}{3} = \frac{3}{4} r s$   
 $\frac{3}{4} r \cdot \frac{2h}{\frac{h}{2}} = 3r$   
 $\tan \alpha = \frac{L - \frac{h}{2}}{3F} =$   
 $= \frac{\frac{3}{4} r}{2h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{r}{h} = \frac{3}{4} \frac{r}{h}$   
 $x = \frac{r}{\frac{3}{4} r} = \frac{r \cdot 4h}{2 \cdot 5r} = 0,4h$   
 $M_1 = \tan \alpha \cdot (h-x) =$   
 $= \frac{3}{4} \frac{r}{h} \cdot 0,6h = \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} r = \frac{3}{4} r$   
 $S_c = \pi (M_2^2 - M_1^2) r = \pi ((3r)^2 - (\frac{3}{4} r)^2) = \pi \cdot 16 (9 - \frac{9}{16}) = \pi (144 - 9) = \pi \cdot 135 = \boxed{135\pi}$

~3

$\varphi = k \frac{q}{r^2}$   $\text{при } r \text{ или } x < r$   $\varphi = k \frac{Q}{2r^2}$   $\text{при } x$   $r < x < R$   $\varphi = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$   
 $\text{при } x > R$   $\varphi = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$   $\varphi_0 = k \frac{Q}{2r^2}$   $x_0 > R$   
 $\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{x_0^2}{\epsilon x^2}$   $\varphi = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$   $r < x < R$   $E_{\text{ли}} = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$   
 $\frac{E_{\text{ли}}}{E_0} =$   $\varphi = k \frac{Q}{\epsilon x^2}$   $x < r$  или  $x > R$   
 $\varphi_0 = k \frac{Q}{x_0^2}$   $\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{x_0^2}{\epsilon x^2}$

$\frac{16}{9} \frac{1}{144} \frac{1}{11}$   
 $\frac{12}{\pi \epsilon R} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R}$   
 $\int_x^R F_{\text{ли}} dx + \varphi R$   
 $\frac{1}{4}$