

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

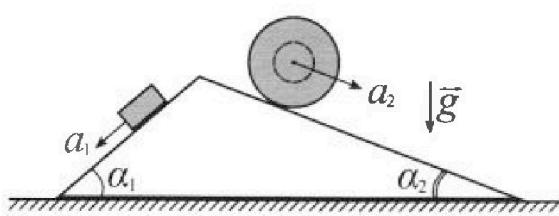
Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

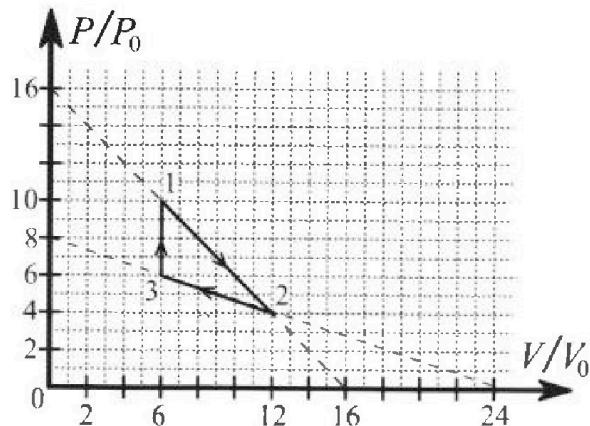
Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.



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.

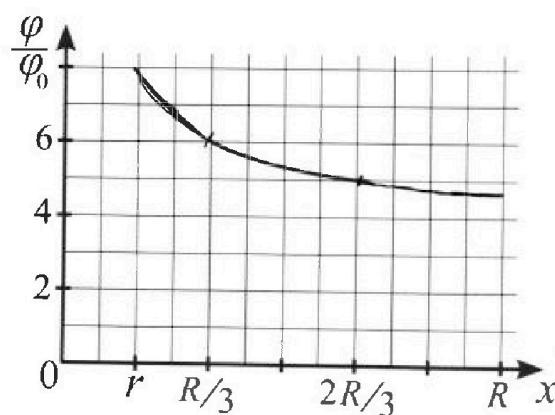
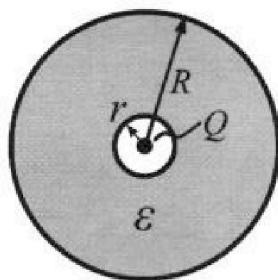
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.



3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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



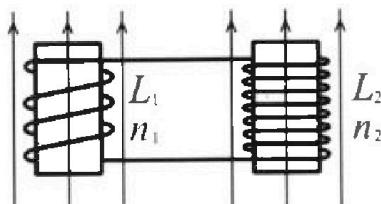
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**



Вариант 11-04

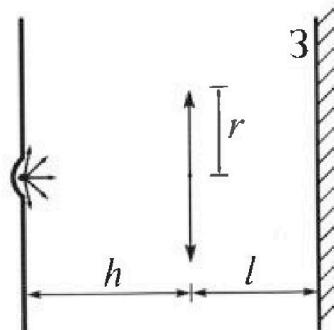
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

- 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) начне т 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 изменились 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 З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

Ответы дайте в [см²] в виде $y\pi$, где y - 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 тяжести фруктов-клинов, шар-клинов, стак-клинов

$N_{1,2,3}$ - сила реакции брусков-клинов, шар-клинов, стак-клинов.

Значения некоторых сил можно сразу найти из условия:

$$N_1 = m_1 g \cos \angle_1 =$$

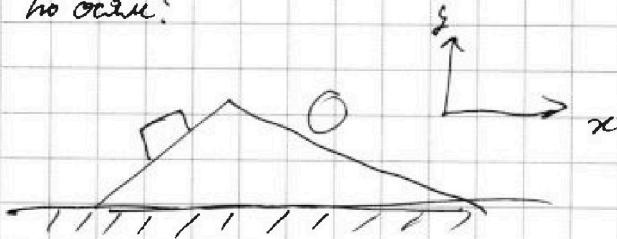
$$N_2 = m_2 g \cos \angle_2$$

$$mg \cdot \frac{3}{5}$$

$$1) F_{TP_1} = m_1 g \sin \angle_1 - m_1 a_1 = F_1 = \cancel{\frac{9m}{4}g \cdot \frac{3}{5}} = \frac{18}{20} mg = \frac{9}{10} mg = \frac{3}{5} mg - m \cdot \frac{5g}{17} = \frac{26}{85} mg$$

$$2) F_{TP_2} = m_2 g \sin \angle_2 - m_2 a_2 = F_2 = \cancel{\frac{9m}{4}g \cdot \frac{8}{17}} = \frac{18}{17} mg = \frac{9}{4} g \frac{8}{17} - \frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{24} = \frac{2}{3} mg$$

для нахождения сил N_3 и F_{TP_3} нужно разложить II закон Ньютона по осям:



$$F_{TP_3} = N_{3x} + N_{2x} + F_{TP_1x} + F_{TP_2x}$$

$$N_3 = N_{3y} + N_{2y} + F_{TP_1y} + F_{TP_2y}$$

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



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.

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

Чистовик

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

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

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

$$A_s = \frac{ah}{2} = \frac{4P_0 \cdot 6V_0}{2} = 12P_0V_0 \quad a-\text{основание треугольника, } h-\text{высота}$$

Отсюда:

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

$$2) \text{По уравнению Менделеева-Клапейрона } PV = \gamma RT,$$

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

$$P = 16P_0 - \frac{P_0}{V_0}V \quad P' = 1 \text{ тогда } PV(V) = 16P_0V - \frac{P_0}{V_0}V^2$$

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

$$16P_0 - 2 \frac{P_0}{V_0}V = 0 \Rightarrow V = 8V_0 \quad \text{Это соответствует максимуму квадратичной функции } 16P_0V - \frac{P_0}{V_0}V^2 \text{ (единственный). Само значение } PV \text{ при этом:}$$

$$(PV)_{\max} = 16P_0 \cdot 8V_0 - \frac{P_0}{V_0} \cdot 64V_0^2 = 64P_0V_0$$

Температура в точке 3 также пропорциональна PV , которую равна:

$$(PV)_3 = 6P_0 \cdot 6V_0 = 36P_0V_0 \quad \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{(PV)_{\max}}{(PV)_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9} = 1 \frac{7}{9}$$

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

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!

Чистовик

3) КПДη равен отношению работы тепла за цикл к количеству тепло-

ти, поступающему от нагревателя за цикл (Q_H)

$$\eta = \frac{A_3}{Q_H}$$

но I закону термодинамики:

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

$$Q_H = Q_{3-1} + Q_{1-2} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) + 0 + \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{10P_0 + 4P_0}{2} \cdot 6V_0 = \\ = 60P_0 V_0$$

Отсюда: $\eta = \frac{A_3}{Q_H} = \frac{12P_0 V_0}{60P_0 V_0} = 0,2 = \frac{1}{5}$

Ответ: 1) ~~1,5~~ $\frac{3}{2}$; 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.

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

~ 3

Числовик

1) Напряженность поля снаружи шара равна:

$$E = k \frac{Q}{x^2} \quad x > R \quad k - \text{постоянная Кулонова} \quad x - \text{расстояние до заряда}$$

Внутри диэлектрического шара напряженность изменяется в $E_{\text{рез}}$:

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

Потенциал на расстоянии поверхности шара радиусом R равен изменению потенциальной энергии свободного точечного положительного заряда, перемещённого из бесконечности на эту поверхность, делённой на его заряд:

$$\varphi_R = \frac{E_{\text{рез}} - E_{\text{ПР}} - E_{\text{ПБ}}}{q} = k \frac{Q}{R} - k \cdot 0 = k \frac{Q}{R}$$

При погружении внутрь диэлектрического шара, напряженность уменьшится, и потенциальная энергия будет расти не так быстро. Можно вычислить разность потенциалов между точкой на сфере, радиусом R и точкой внутри диэлектрического шара на расстоянии x от центра:

$$\varphi_x - \varphi_R = \frac{E_{\text{ПР}} - E_{\text{ПБ}}}{q} = \int_2^R -k \frac{Q}{\epsilon x^2} dx + \varphi_R = k Q \left(\frac{1}{\epsilon x} - \frac{1}{\epsilon R} + \frac{1}{R} \right)$$

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

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

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

при $x = 11R/12$:

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



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.

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

Чистовик

2) Пусть φ_0 - потенциал в точке, удалённой от центра шара на x_0 ,

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

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

В данной формуле 2 неизвестных: x_0 и e , которые можно найти, составив систему уравнений по точкам на графике:

$$\left(\frac{\varphi_x}{\varphi_0} \right)_1 = 6 ; \quad x_0 = \frac{R}{3} \quad \left(\frac{\varphi_x}{\varphi_0} \right)_2 = 5 \quad x_0 = \frac{2R}{3}$$

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

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

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

$$3 + 6e = 10 + 5e$$

$$e = 7$$

$$\text{Ответ: 1) } k \frac{Q}{R} \left(\frac{1}{11e} + 1 \right); \quad 2) 7$$



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.

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

Черновик

Теперь найдём $\tg \gamma$:

$$\tg \gamma = \frac{r - \frac{r}{2}}{2h} = \frac{\frac{1}{2}r}{2h}$$

Зная это, найдём, на каком расстоянии x от линзы лучи снова собираются в точку:

$$x = \frac{(r)}{\tg \gamma} = \frac{4}{10} h$$

Следовательно, можно вычислить радиус светового пятна на стене (обозначим его M_1):

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

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

$$M_2 = 2R_2 = 3r$$

Площадь косвящённой части ^{S_{cm}} найдём аналогично пятна от зеркала:

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

Ответ: 1) 27π ; 2) 135π



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

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!

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

Чертёжник

Луч, который попавший на зеркало, упадут на зеркало под углом β . Радиус образованной им 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 неокраиной части зеркала можно найти, как площадь кольца с внутренним радиусом r , и внешним $- R_2$:

$$S_3 = \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi \left(\left(\frac{3}{2}r\right)^2 - \left(\frac{3}{4}r\right)^2 \right) = \pi r^2 \left(\frac{9}{4} - \frac{9}{16} \right) = 16\pi \cdot \frac{27}{16} = 27\pi$$

2) Отразившись от зеркала преломлённые лучи снова попадают на зеркало. Они вновь преломляются и сходятся в точку, а затем снова расходятся и падают на стену, образуя светлое пятно. Найти угол γ , под которым будут сходиться лучи можно также, используя формулу тонкой линзы, считая, что объект, испускающий свет - это зеркало:

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

L - расстояние до изображения

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

изображение чёткое, значит, преломлённые лучи пойдут так, как они шли бы без преломления из точки,

удалённой на $-2h$ от зеркала. При этом расстояние от чёткого изображения до оптической оси можно определить, представив, что из краевой точки зеркала, куда упал крайний преломлённый луч, пойдёт ещё один луч в чистую точку (так было бы, если бы там был объект). Он же преломится на зеркале и при этом также "исходит" из чёткого изображения. Отсюда можно найти угол δ , который он образует с оптической осью:

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

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

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

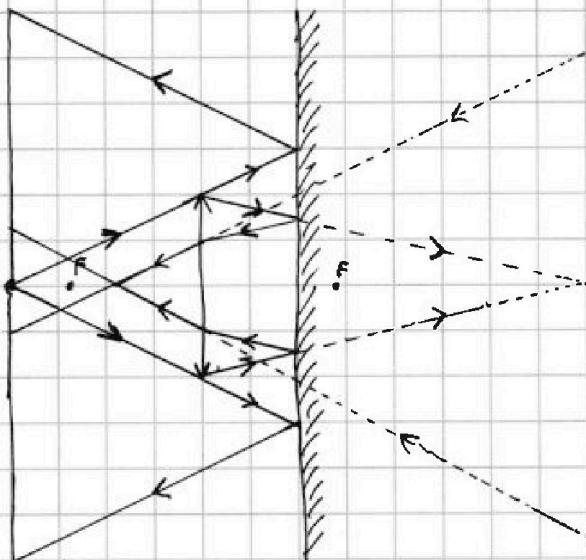
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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

Чертёжник

Изобразим ход лучей:



1) Лампочка находится дальше фокуса линзы, значит, если не учитывать зеркало, после преломления линзе, лучи от неё должны заходить обратно в точку, расстояние между которой и линзой можно вычислить по формуле тонкой линзы:

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

d - расстояние до объекта (от линзы)

f - расстояние до изображения

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

Однако эти лучи на самом деле попадут на зеркало с углом падения α и с тем же отразятся. При этом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{2h}$$

Максимально 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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$1) A = \int p(V) dV$$

$$A_{1-2} = \frac{(10+4)P_0}{2} \cdot \frac{V_2}{(12V_0 - 6V_0)} = 7P_0 \cdot 6V_0 = 42P_0 V_0$$

$$A_{2-3} = \frac{6+4}{2} P_0 \cdot (6-12)V_0 = 5P_0 \cdot 6V_0 = 30P_0 V_0$$

$$A_{3-1} = 0 \quad A = (42 - 30)P_0 V_0 = 12P_0 V_0$$

$$V = \frac{3}{2} \sqrt{RT} = \frac{3}{2} PV \quad V_1 = \frac{3}{2} \cdot 10P_0 \cdot 6V_0 = 90P_0 V_0 \quad V_2 = \frac{3}{2} \cdot 4P_0 \cdot 12V_0 = 72P_0 V_0$$

$$V_2 - V_1 = (72 - 90)P_0 V_0 = -18P_0 V_0 \quad \frac{V_{1-2} V_2 - V_1}{A} = \frac{18}{72} P_0 V_0 = \frac{1}{4} = \boxed{2,25 / 1,5}$$

$$2) PV = \sqrt{RT} \Rightarrow \frac{PV}{T} \underset{\text{const}}{\sim} \Rightarrow T \underset{PV}{\cancel{\propto}} \quad T \sim PV$$

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

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

$$\underline{(PV)_{\max} = PV (V=8) = 64 P_0 V_0}$$

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

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

$$PV = \sqrt{RT} \quad \frac{64 P_0 V_0}{36 P_0 V_0} = \frac{T_{1-2 \max}}{T_3} = \frac{1132}{672} =$$

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

$$Q_H = \Delta(P_0 V_0) \frac{3}{2}(6V_0) + A_{1-2}$$

$$3) \gamma = \frac{A}{Q_H} = \frac{12P_0 V_0}{}$$

$$Q_H = \frac{3}{2} (24 - 48 - 60)P_0 V_0 + 42P_0 V_0 = (68 + 42)P_0 V_0 = 60P_0 V_0 \quad Q_H = \frac{3}{2} \cdot (60P_0 V_0) = 90P_0 V_0$$

$$Q_H = \frac{3}{2} \cdot 24P_0 V_0 = 36P_0 V_0$$

$$-18 - 14 = -32 \quad 42 - 24 = 18$$

$$Q_H = 36P_0 V_0 + 60P_0 V_0 = 96P_0 V_0$$

$$-12 \cdot \frac{1}{2} = -12 \quad 42 - 18 = 24P_0 V_0$$

$$Q_H = \frac{3}{2} \cdot (36 - 48)P_0 V_0 + -30P_0 V_0 = (36 - 36)P_0 V_0 = -66P_0 V_0$$

$$36 + 18 = 54P_0 V_0$$

$$Q = \frac{3}{2} \Delta(P_0 V_0) + A$$

$$Q_H = \frac{3}{2} (48 - 60)P_0 V_0 = 36P_0 V_0$$

$$36 + 18 = 54P_0 V_0$$

$$36 - 48 = -12 \quad -18$$

$$Q_H = \frac{3}{2} (48 - 60)P_0 V_0 + 42P_0 V_0 = 18P_0 V_0$$

$$Q_H =$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

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

Чертёжник

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

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

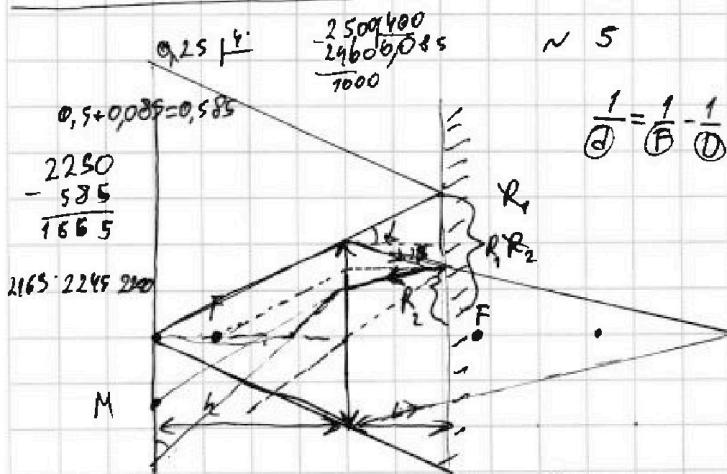
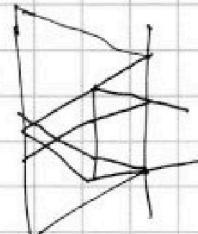
$$\Delta U_{g-1} = 18 P_0 V_0 \quad \Delta U_{g-2} = \frac{3}{2} (36 - 48) P_0 V_0 = -18 P_0 V_0$$

$$A_{g-2} = \frac{10+4}{2} P_0 V_0 = 12 \quad \frac{10+4}{2} P_0 \cdot 6 V_0 = 42 P_0 V_0$$

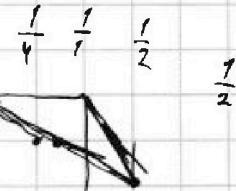
$$Q_H = 18 P_0 V_0 + 42 P_0 V_0 = 60 P_0 V_0$$

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

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



$$\frac{1}{D} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$$



$$1 - \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \sqrt{3} \approx 0,433$$

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

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D} + \frac{1}{D}$$

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

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

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

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

$$R_2 = r - \tan \beta \cdot \frac{h}{2} = r - \frac{r}{2h} \cdot h = r - \frac{r}{2} = \frac{r}{2} = 0,25 r$$

$$S_3 = \pi (R_1^2 - R_2^2) = \pi (1,5^2 - 0,25^2) r^2 = \pi (2,25 - 0,0625) \cdot 4^2 = 2,665 \cdot 16 \pi =$$

$$\left(\frac{3}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{4}\right)^2 \pi \cdot 16 = \left(\frac{9}{4} - \frac{1}{16}\right) 16 \pi = \frac{36 - 1}{16} \cdot 16 \pi = \boxed{78 \pi}$$

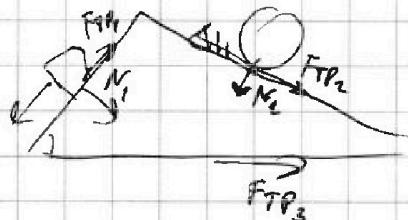


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$\text{&} \quad O = \vec{F_{TR_1}} + \vec{F_{TR_2}} + \vec{N_1} + \vec{N_2} + \vec{F_{TR_3}}$$

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

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

$$F_{TR_1} = m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 a_1$$

$$F_{TR_2} = m_2 g \sin \alpha_2 - m_2 a_2$$

$$\frac{3}{5} - \frac{5}{72} \quad \frac{17}{85}$$

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



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

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



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

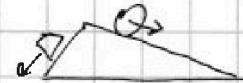
$$R \cdot x = \frac{R}{3} \quad \frac{x_0}{\epsilon x} = 6$$

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

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

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

Черновик



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

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

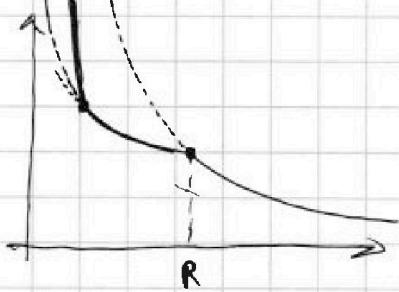
при $x > R$

$$\frac{E_n}{q} = \int E dx = -k \frac{Q}{x}$$

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

$$\frac{E_n}{q} = \int E(x) dx$$

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



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

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

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

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

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

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

$$\begin{cases} 6 = x_0 \left(\frac{3}{\epsilon R} - \frac{1}{ER} + \frac{1}{R} \right); \\ 5 = x_0 \left(\frac{3}{2\epsilon R} - \frac{1}{ER} + \frac{1}{R} \right); \end{cases} \quad \frac{6}{5} = \frac{\frac{3}{\epsilon R} - \frac{1}{ER} + \frac{1}{R}}{\frac{3}{2\epsilon R} - \frac{1}{ER} + \frac{1}{R}} = \frac{\frac{6}{\epsilon R} + \frac{6}{R}}{\frac{10}{\epsilon R} + \frac{5}{R}} \quad | : ER$$

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

$$\frac{3}{2} + 6 = 10 + 5 \quad \boxed{\varphi = \epsilon}$$

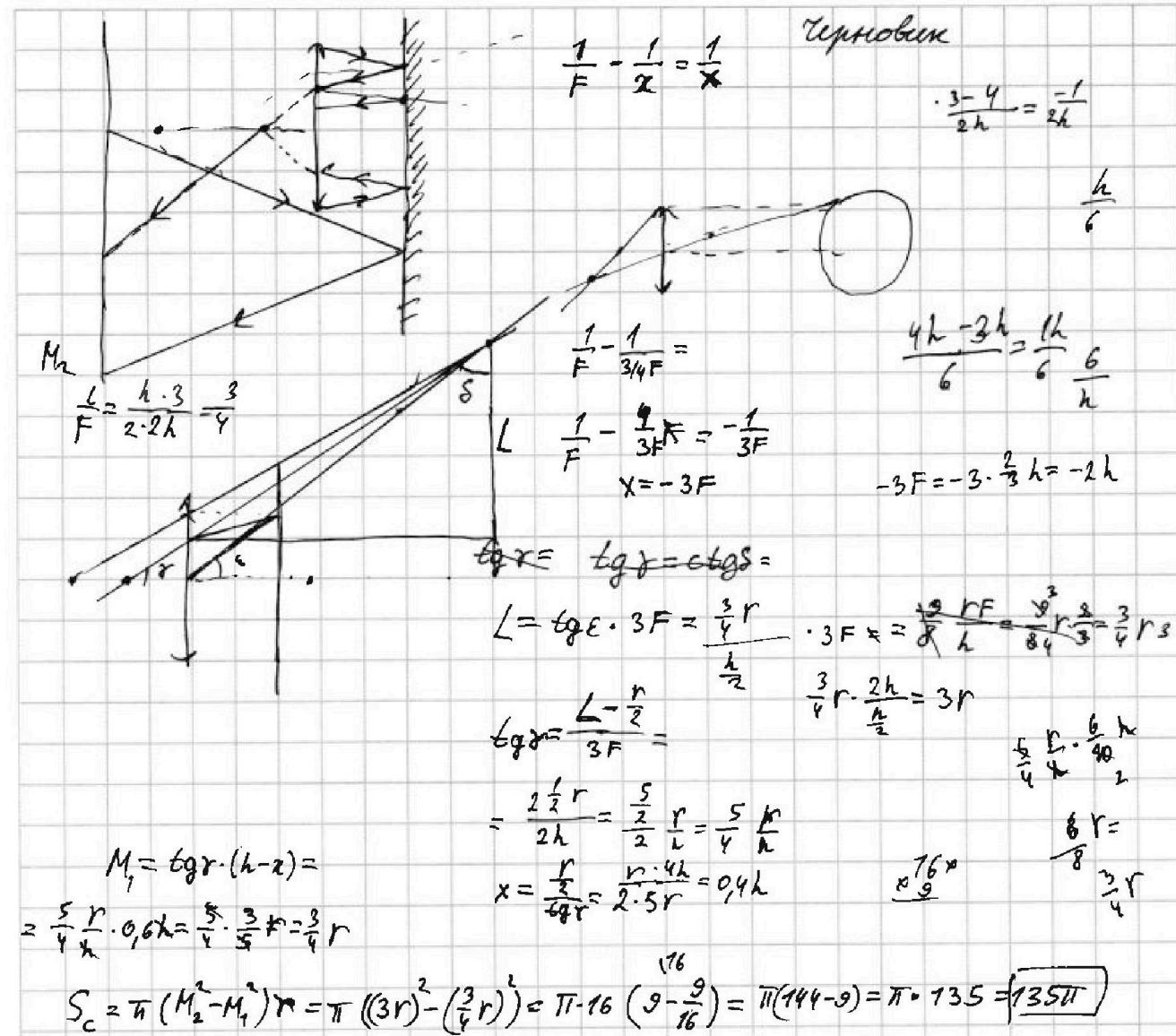


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



~3

$$\varphi = k \frac{Q}{r^2} \quad \text{для } r < R \quad \varphi = k \frac{Q}{x^2} \quad \text{для } R < r < x < R \quad \varphi = k \frac{Q}{x^2}$$

~~$$\text{для } x > R \quad \varphi = k \frac{Q}{x^2}$$~~

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{x_0^2} \quad x_0 > R$$

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{x_0^2}{x^2}$$

$$\varphi = k \frac{Q}{x^2} \quad r < x < R \quad E_{\text{нр}} = k \frac{Q}{x^2}$$

$$\frac{E_{\text{нр}}}{\varphi_0} = \frac{Q}{\varphi_0} \quad \varphi = k \frac{Q}{x^2} \quad x < r \text{ или } x > R$$

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{x_0^2} \quad \frac{Q}{\varphi_0} = \frac{x_0^2}{x^2}$$



$$\frac{16}{144} \frac{1}{R} = \frac{1}{R}$$

$$\frac{12}{144} - \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$$

$$\int_{x_0}^R F_{\text{нр}} dx + \varphi R$$