



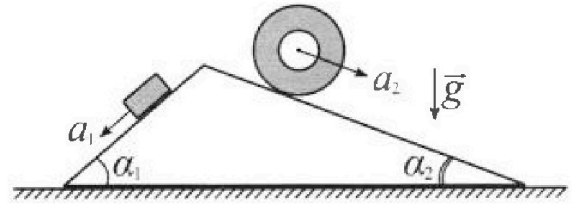
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

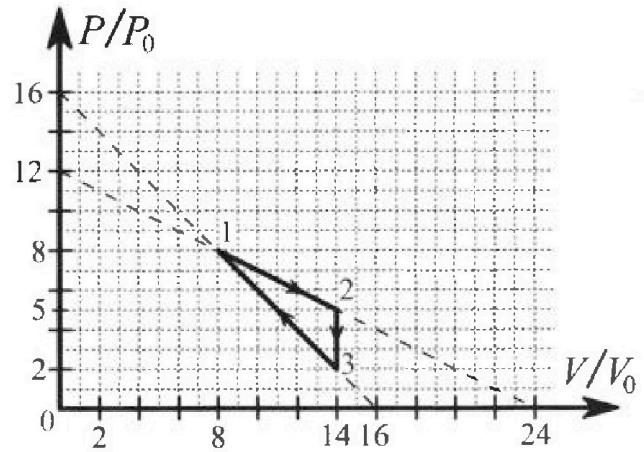


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

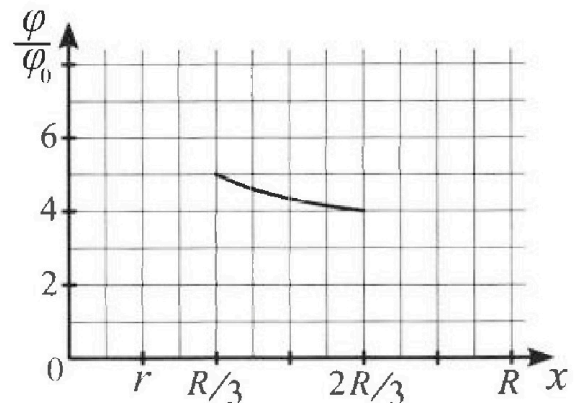
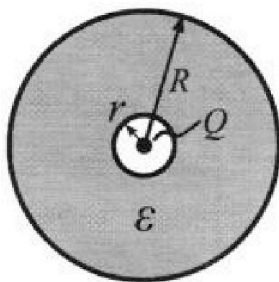
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



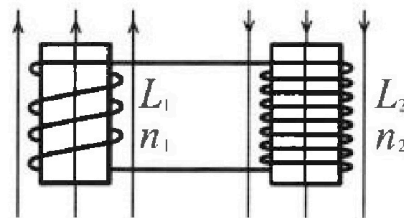
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

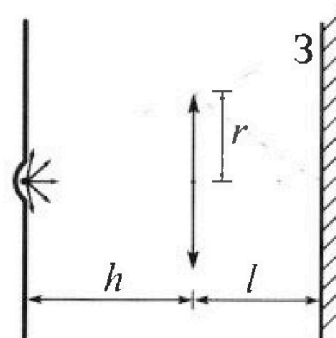


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 16L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 4n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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  $Z$ . 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.



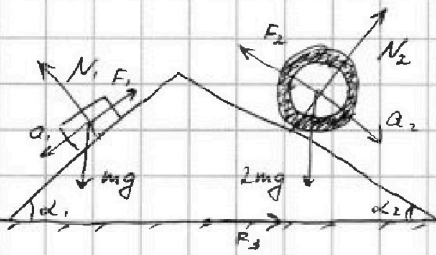
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Введем силы  $N_1$  и  $N_2$  - реакции опоры клина и бруска и шара и цилиндра. По 3 З.Н. Климата  $N_1, N_2, F_1, F_2$  также действуют и на шарик в обратном направлении.

1) Запишем 2 З.Н. в проекции на ось, сонаправленную с  $\alpha_1$ , для бруска

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

$$\Rightarrow F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{6}{13} \right) = mg \cdot \frac{39-30}{65} = \frac{9}{65} mg.$$

2) Запишем 2 З.Н. для цилиндра в проекции на ось, сонаправленную с  $\alpha_2$

$$2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_2 = 2mg \left( \frac{5}{13} - \frac{1}{4} \right) = \frac{2(20-13)}{52} mg = \frac{7}{26} mg.$$

3) Сила  $F_3$  направлена ~~направо~~ вправо по рисунку.

2 З.Н. для клина на горизонтальную ось и для бруска и цилиндра на направление действия на них  $N_1$  и  $N_2$ .

$$\begin{cases} 0 = F_3 \sin \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 + F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - N_2 \sin \alpha_2. & (1) \\ 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1 \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha_1, \\ 0 = N_2 - 2mg \cos \alpha_2 \Rightarrow N_2 = 2mg \cos \alpha_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} (1): F_3 &= F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 = \\ &= mg \left( \frac{7}{26} \cdot \frac{12}{13} + 2 \cdot \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} - \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} - \frac{9}{65} \cdot \frac{4}{5} \right) = \\ &= mg \left( \frac{42}{169} + \frac{120}{169} - \frac{12}{25} - \frac{36}{325} \right) = \\ &= mg \left( \frac{162 \cdot 25 - 12 \cdot 169 - 36 \cdot 13}{4225} \right) = \\ &= mg \left( \frac{4050 - 2028 - 468}{4225} \right) = \frac{1554}{4225} mg. \end{aligned}$$



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 3

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

1) Посчитаем работу газа за цикл как площадь внутри графика  $p(V)$ .

$$A_0 = \frac{3p_0 \cdot 6V_0}{2} = 9p_0V_0$$

Пусть  $T_1, T_2$  - температура газа в точках 1 и 2,  $T$  - в точке 3.

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

Из ур-я состояния газа:  $T_1 = \frac{3p_0 \cdot 3V_0}{\nu R} = \frac{64p_0V_0}{\nu R}$

$T_2 = \frac{3p_0 \cdot 14V_0}{\nu R} = \frac{70p_0V_0}{\nu R}$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{70p_0V_0}{\nu R} - \frac{64p_0V_0}{\nu R} \right) = 9p_0V_0$$

$$\beta = \frac{\Delta U_{1-2}}{A_0} = 1$$

2)  $T_3$  - температура в точке 3, тогда  $T_3 = \frac{2p_0 \cdot 14V_0}{\nu R} = \frac{28p_0V_0}{\nu R}$ .

В процессе 1-2 давление от объема зависит как:

$$p = 12p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V$$

Из ур-я состояния газа:  $T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{p_0}{\nu R} \left( 12 - \frac{V}{2V_0} \right) V = \frac{2p_0}{\nu R} \left( 12 - \frac{V}{2V_0} \right) \frac{V}{2V_0}$  - ~~на~~ зависит температура от объема в процессе.

Максимум этой функции по неравенству 0 средних достигается при  $\frac{V}{2V_0} = 6 \Rightarrow V = 12V_0$ . Температура в этот момент:

$$T = \frac{72p_0V_0}{\nu R}$$

$$\beta = \frac{T}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$$

3) В процессе 2-3 температура газа уменьшается, т.к. работа 0, температура газа уменьшается.



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!

Рассмотрим процесс 1-2. Запишем 1-й термодинамический закон для моль идеального газа:

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV.$$

Взяв логарифм и продифференцировав  $\frac{pV}{T} = \text{const}$ , получим:

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T} = 0 \Rightarrow dT = T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right) \Rightarrow \frac{dT}{T} = T \left( \frac{dp}{p dV} + \frac{1}{V} \right) = \frac{T}{pV} \left( \frac{dpV}{dV} + p \right)$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{dT}{dV} + p = \frac{3}{2} \frac{\nu R T}{pV} \left( \frac{dpV}{dV} + p \right) = \frac{3}{2} \left( V \frac{dp}{dV} + p \right)$$

Уг. уравнение состояния:  $pV = \nu RT$

Итак, в процессе 1-2  $p = 12p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V$  и  $\frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{2V_0}$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{3}{2} \left( -\frac{p_0}{2V_0} V + 12p_0 - \frac{p_0}{2V_0} V \right) = \frac{3}{2} \left( 12 - \frac{V}{V_0} \right), \text{ откуда видно,}$$

что  $\delta Q \geq 0$  при  $V \leq 12V_0$  и  $\delta Q \leq 0$  при  $V \geq 12V_0$ .  
( $dV > 0$  в процессе).

Плани образует участок псевдо цикла при  $8V_0 \leq V \leq 12V_0$ .

$$\text{Поглощенное тепло } Q_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{6 \cdot 12 p_0 V_0}{\nu R} + \frac{8 \cdot 8 p_0 V_0}{\nu R} \right) + A_{1-2}$$

Из графика  $A_{1-2} = 28 p_0 V_0$ .

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 + 28 p_0 V_0 = 40 p_0 V_0.$$

Аналогично проанализируем процесс 3-1:  $p = 16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{3}{2} \left( V \cdot \frac{dp}{dV} + p \right) = \frac{3}{2} \left( 2 \frac{dp_0}{dV} - \frac{p_0}{V_0} V + 16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) = 3 \left( 8 - \frac{p_0}{V_0} V \right).$$

П.к.  $dV < 0$  в этом процессе, то при  $V \geq 8V_0$   $\delta Q \geq 0$ , т.е. тепло поглощается на всем процессе.

$$Q_{3-1} = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{8 \cdot 8 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{14 \cdot 2 p_0 V_0}{\nu R} \right) + A_{3-1} = p_0 V_0 \left( \frac{3}{2} \cdot 36 - 30 \right) = 24 p_0 V_0$$

$A_{3-1} = -30 p_0 V_0$  из графика



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) ~~Электрическое поле~~

Вне диэлектрика поле  $E_1 = \frac{kQ}{x^2}$ , внутри диэлектрика поле

$$E_2 = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$

Можно найти потенциал через интегрирование:

$$\varphi = \int_{\infty}^R \frac{kQ}{x^2} E_1 dx + \int_{\frac{3R}{5}}^R E_2 dx = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{5}{5R} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{5\epsilon R}$$

2) Если считать точку так же, но для произвольного  $x$ , то получаем: потенциал внутри  $[r; R]$ , т.е. внутри диэлектрика

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

Отношение потенциалов в  $x = \frac{R}{3}$  и  $x = \frac{2R}{3}$ :  $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{5}{4}$ , применим каноническую формулу (объём тогда внутри диэлектрика)

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

$$\Rightarrow 10\epsilon + 5 = 8\epsilon + 4 \Rightarrow \epsilon = \frac{11}{2}$$



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

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) Так как сопротивление проводов можно пренебречь, то вся суммарная ЭДС магнитного поля должна сохраняться.

Поток складывается из внешнего поля и ~~индукции~~ вихвального индуктивностью.

$$\Phi = B_1 S n_1 + L_1 I - B_2 S n_2 - L_2 I = \text{const}$$

Поток в катушках одинаков по модулю, разной по направлению, поэтому

$$\text{Берем производную: } L S n_1 + (L_1 - L_2) \dot{I} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |\dot{I}| = \left| \frac{L S n_1}{L_1 - L_2} \right| = \frac{L S n_1}{15 L} - \text{ответ}$$

2) Так же воспользуемся законом сохранения энергии:

$$B_0 S n_1 + 3 B_0 S n_2 = \frac{B_0 S n_1}{3} - \frac{9 B_0 S n_2}{4} + (L_1 - L_2) I$$

$$(L_1 - L_2) I = \frac{2 B_0 S n_1}{3} - \frac{3 B_0 S n_2}{4} = \frac{2}{3} B_0 S n_1 - 12 B_0 S n_2 = -\frac{34}{3} B_0 S n_2$$

$$|I| = \frac{34}{45} \frac{B_0 S n_2}{L}$$



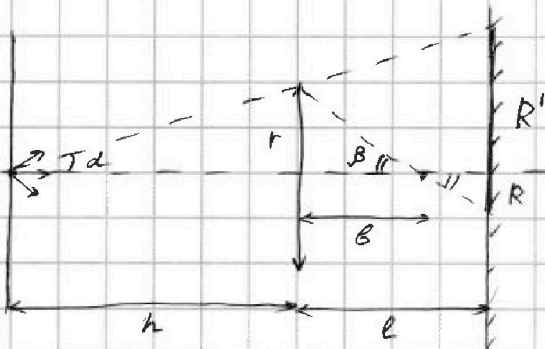
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Пл. л. находится на оптической оси, ~~то~~ <sup>ее</sup> изображение после прохождения линзы будет находится также на ~~опт.~~ <sup>опт.</sup> главной оси. Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{b}$ , где  $b$  - расстояние от линзы до изображения

$$\frac{3}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{b} \Rightarrow b = \frac{h}{2}$$

Лучи, которые попали на зеркало не проходя через линзу, не испытывают преломления, а лучи прошедшие через линзу соберутся в найденной точке, из-за чего на зеркале появится освещенный круг. На зеркале будет картинка: освещенный круг, затем тень освещенной <sup>кольцо</sup> ~~части~~ <sup>части</sup> зеркала. Оставшаяся область освещена. Нужно найти площадь этого кольца.

Радиус внутреннего <sup>кольца</sup> ~~кольца~~ из подобия  $\Delta$ -ков:  $\frac{R}{r} = \frac{l-b}{b} \Rightarrow$

$$\Rightarrow R = r \cdot \frac{l-b}{b} = \frac{h}{2} \cdot \frac{2h - \frac{h}{2}}{h/2} \cdot r = \frac{1}{3} r$$

Внешний радиус кольца  $R'$  из подобия:  $\frac{R'}{r} = \frac{h+l}{h} \Rightarrow$

$$\Rightarrow R' = r \cdot \frac{h+l}{h} = r \cdot \frac{h + \frac{2h}{3}}{h} = \frac{5}{3} r$$

Площадь кольца:  $S_1 = \pi(R')^2 - \pi R^2 = \pi r^2 \left( \frac{25}{9} - \frac{1}{9} \right) = \frac{2}{9} \pi \cdot \frac{24 \cdot 25}{9} \text{ см}^2$

$$= \pi \cdot \frac{200}{3} \text{ см}^2$$





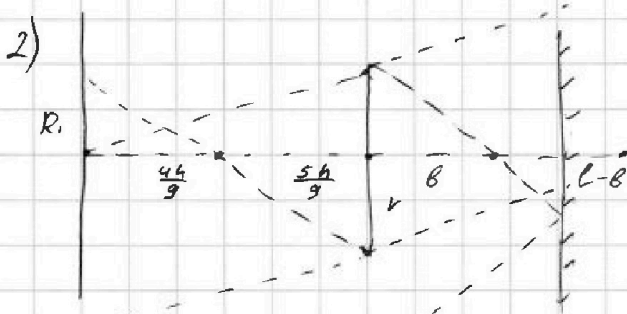
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

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!



Со стеной всё сложнее, здесь лучи уелятся на 3 категории: прошедшие через линзу 2 раза, 1 раз и не прошедшие через линзу. Так что на стене будут 2 светлых кольца.

Лучи, которые прошли через линзу сфокусируются изображением из пункта (1) на расстоянии  $b = \frac{4}{3}f$  от линзы.

В зеркале из-за этого изображения появится новое в задании на расстоянии  $l - b = \frac{4}{3}f$  от зеркала. Лучи от этого изображения, пройдя через линзу ещё раз создадут новое на расст.  $b'$  от линзы:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{2l - b} + \frac{1}{b'}$   $\Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{3}{5h} + \frac{1}{b'}$   $\Rightarrow b' = \frac{5}{9}h$ . Из-за этого изображения на стене появится светлая круг радиуса  $R_1$ , при этом из подобия (см. рис)  $\frac{R_1}{r} = \frac{4}{3} \Rightarrow R_1 = \frac{4}{3}r$

Теперь рассмотрим лучи изображения в зеркале, которые не попали в линзу ещё раз. Из-за них получается светлое кольцо со внутренним радиусом  $R_2$ :  $R_2 = \frac{h + l - b}{l - b} = \frac{11}{5}$ ;  $R_2 = \frac{11}{5}r$ . и внешним  $R_3$ :  $\frac{R_3}{r} = \frac{h + l + b}{b} = \frac{11}{3}$ ;  $R_3 = \frac{11}{3}r$ .

Эти радиусы из-за наложения из рассмотренных крайнего луча от изображения в зеркале, не попавшего в линзу и крайнего луча, попавшего в линзу при первом проходе.

Осталось найти радиус внешнего края последнего светлого кольца  $R_4$ .  $\frac{R_4}{r} = \frac{2(l + h)}{h} = \frac{10}{3}$ ;  $R_4 = \frac{10}{3}r$ .

Как видно  $R_4 < R_3$ , значит ~~возле~~ крайнее темное кольцо перекрывается светлым участком стены, освещенным лучом, который не прошел через линзу.



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!

Искомая площадь  $S_2 = \pi(R_2^2 - R_1^2) = \frac{\pi}{25}(121 - 16)r^2 = \pi \cdot 105 \text{ см}^2$ .

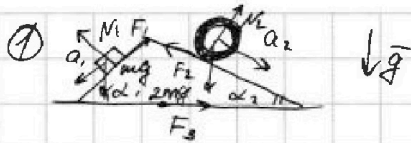
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$1) ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

$$0 = N_1 - mg \cos \alpha_1 \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$2) 2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_2$$

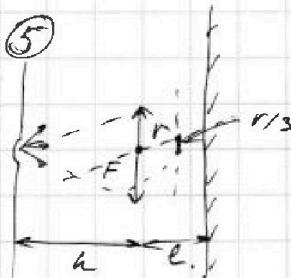
$$0 = N_2 - 2mg \cos \alpha_2 \Rightarrow N_2 = 2mg \cos \alpha_2$$

$$3) N_1 \sin \alpha_1 + F_3 = N_2 \sin \alpha_2$$

$$F_3 = N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 = mg (2 \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_1)$$

$$= mg \left( 2 \cdot \frac{5}{13} \cdot \frac{12}{13} - \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} \right) = mg \left( \frac{120}{169} - \frac{12}{25} \right)$$

$$\begin{array}{r} \times 169 \\ 25 \\ \hline 845 \\ 388 \\ \hline 4225 \\ \times 162 \\ 25 \\ \hline 810 \\ 324 \\ \hline 4050 \\ \times 169 \\ \times 12 \\ \hline 338 \\ 108 \\ \hline 169 \\ 36 \\ \hline 2028 \\ 468 \\ \hline 2022 \\ 1554 \end{array}$$



$$\frac{F \cdot h}{l} = \frac{F \cdot b}{b} \Rightarrow \frac{F \cdot h}{l} = F \Rightarrow h = l$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{1}{h} + \frac{1}{b} = \frac{3}{h} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{2}{h} \Rightarrow b = \frac{h}{2}$$

$$3) \oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{kQ}{R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} + \int_R^{\frac{5R}{2}} \frac{kQ}{R^2} dR =$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot Q \left( \frac{1}{R} - \frac{6}{5R} \right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R} \left( 1 + \frac{1}{5} \right) - \frac{6}{5R} \right)$$

$$\int_a^b \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} \Big|_a^b = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{h} = \frac{6}{5h} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{9}{5h}; b = \frac{5h}{9}$$



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  
из

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

$$2) 1) A_2 = 6 \cdot 3 p_0 V_0; \Delta U = \nu R(T_2 - T_1) = 14 \cdot 5 p_0 V_0 - 8 \cdot 8 p_0 V_0 = 6 p_0 V_0$$

$$k = \frac{\Delta U}{A_2} = \frac{1}{3}$$

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

$$T = T_0 \cdot \frac{p V}{p_0 V_0} = T_0 \cdot \frac{p_0 V_0 \left(12 - \frac{V}{2V_0}\right) V}{p_0 V_0} = T_0 \left(12 - \frac{V}{2V_0}\right) \frac{V}{V_0}$$

$$\left(\frac{T}{T_0}\right)' = 12 - k \Rightarrow k = 12 \quad \text{— максимизация}$$

$$T_{\text{max}} = 12(12 - 6) = 72 T_0$$

$$T_3 = T_0 \cdot \frac{2 p_0}{p_0} \cdot \frac{14 V_0}{V_0} = 28 T_0$$

$$\alpha = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$$

$$3) A_2 = 9 p_0 V_0$$

$$1-2: \delta Q = dU + \delta A = \nu R dT + (12 p_0 - \frac{p_0}{V_0} V) dV$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T} = 0; \quad dT = T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right)$$

$$4) \Phi_L = \Phi = B_1 S n_1 + B_2 S n_2 + L_1 I + L_2 I = \text{const.}$$

$$0 = L_1 S n_1 + (L_1 + L_2) \dot{I} \Rightarrow \frac{dp}{p dV} \cdot \frac{1}{V} = \frac{dp \cdot V + p dV}{p V dV} = \frac{1}{pV} \left( \frac{dp}{dV} \cdot V + p \right)$$

$$\Rightarrow |\dot{I}| = \frac{L_1 S n_1}{L_1 + L_2} = \frac{L_1 S n_1}{L_1 + L_2}$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T} = 0$$

$$dT = T \left( \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} \right)$$

$$\frac{dT}{dT} = T \left( \frac{1}{p} \cdot \frac{dp}{dV} + \frac{1}{V} \right)$$

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{\delta Q}{dV} = \frac{3}{2} \nu R T \left( \frac{dp}{p dV} + \frac{1}{V} \right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{\nu R T}{pV} \left( \frac{dp}{dV} \cdot V + p \right) = \frac{3}{2} \left( \frac{dp}{dV} \cdot V + p \right)$$



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

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!

$$\text{Итого, суммарная подводимая теплота: } Q_H = Q_{1-2} + Q_{3-1} = 64 p_0 V_0.$$

$$\text{Суммарная работа из пункта 1): } A_0 = 9 p_0 V_0.$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_H} = \frac{9}{64}.$$



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!

