



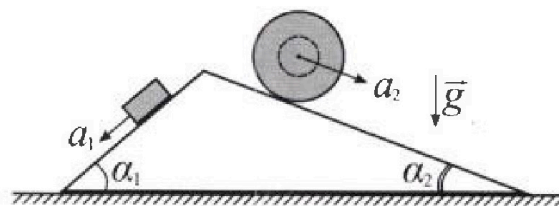
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



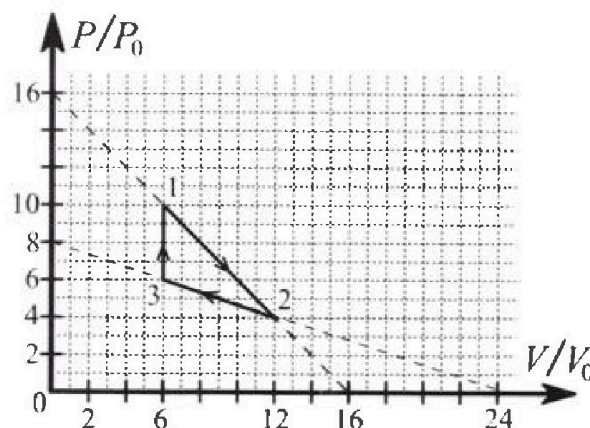
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$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

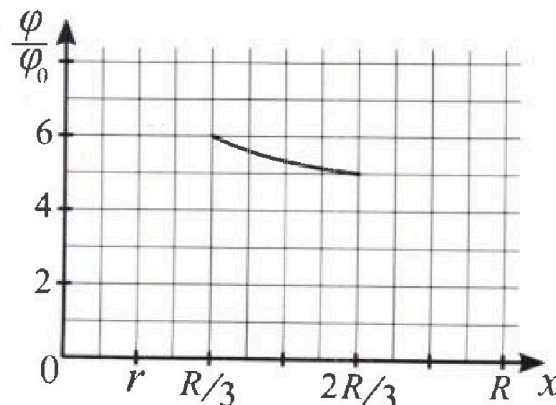
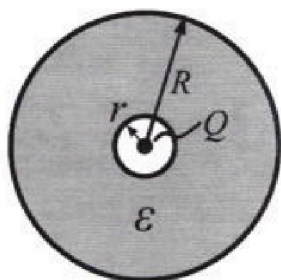


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $\epsilon$ .

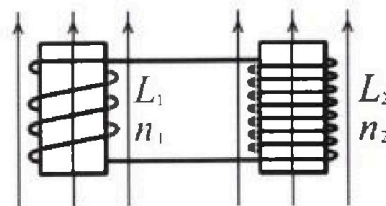


Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

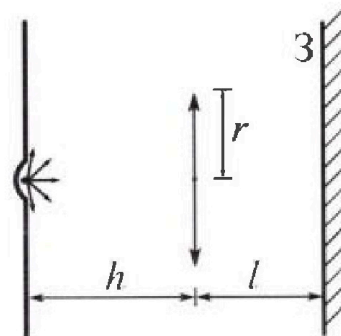
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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.





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!

Дано:

$$m_1 = m;$$

$$m_2 = \frac{9m}{4}$$

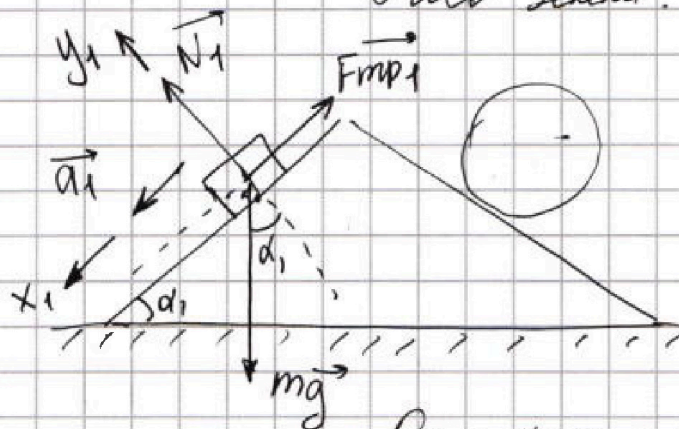
$$a_1 = \frac{5g}{17}$$

$$a_2 = \frac{8g}{27}$$

$$\alpha_1: \sin \alpha_1 = \frac{3}{5}; \cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

$$\alpha_2: \sin \alpha_2 = \frac{8}{17}; \cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

1) Рассмотрим брусок, скользящий по наклонной в отрывистости. Клинь неподвижен,  $\Rightarrow$  он движется ИСО и всего ИСО ускорения и скорости бруска и шара такие же, как в ИСО Земли.



2 ЗН:  $\vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_{mp1} = m\vec{a}_1$   
Поскольку брусок движется по наклонной, то  $a_{y1} = 0$ .

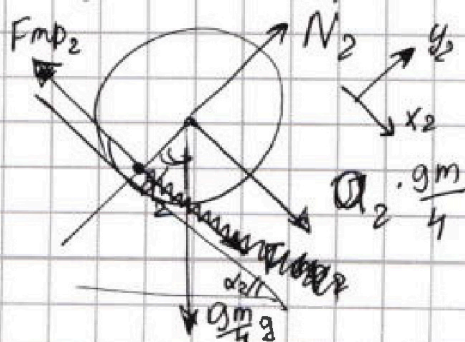
$$O_{y1}: N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1$$

$$O_{x1}: m \cdot a_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_{mp1}$$

откуда  $F_{mp1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1)$ .

$$\Rightarrow F_{mp1} = m \cdot \left( g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5g}{17} \right) = mg \cdot \frac{51 - 25}{85} = \frac{26}{85} mg$$

2) Рассмотрим в отрывистости полый шар. Поскольку он движется без проскальзывания, то сила трения равна силе трения покоя. Она направлена против возможного проскальзывания шара, то есть:



$$2 \text{ ЗН: } \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp2} + \frac{9m}{4}\vec{g} = m \cdot \frac{9}{4}\vec{a}_2$$

$$O_{y2}: N_2 = \frac{9m}{4}g \cdot \cos \alpha_2$$

$$O_{x2}: \frac{9m}{4}a_2 = \frac{9m}{4}g \cdot \sin \alpha_2 + F_{mp2}$$





1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

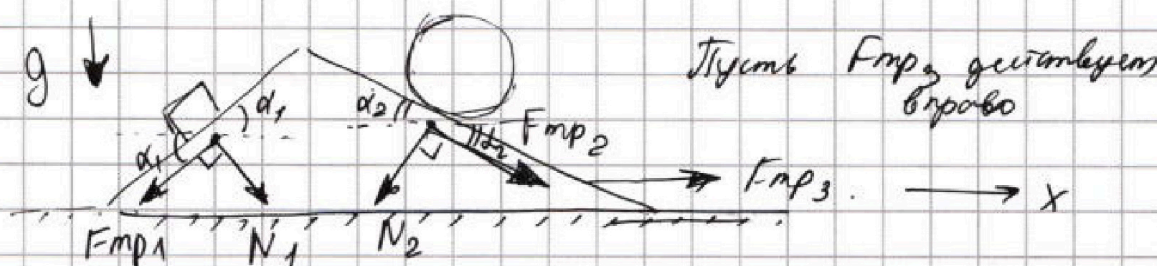
СТРАНИЦА  
2 из 2

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!

Отсюда 
$$F_{mp2} = -\frac{9m}{4} a_2 + \frac{9m}{4} g \cdot \sin d_2 = -\frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{27} + \frac{9mg}{4} \cdot \frac{8}{17} =$$

$$= -\frac{2mg}{3} + \frac{18mg \cdot 13}{17} = \frac{54mg}{51} - \frac{34mg}{51} = \frac{20mg}{51}$$

Условие задачи находится в равновесии, сила как по горизонтали так и по вертикали для него должны быть скомпенсированы



Ох:  $M_{kl} \cdot a_x = F_{mp2} \cdot \cos d_2 + N_1 \cdot \sin d_1 + F_{mp3} -$ 

$$- N_2 \cdot \sin d_2 - F_{mp1} \cdot \cos d_1 = 0, \text{ т.к. } a_x = 0.$$

$M_{kl}$  - масса клина

$$\rightarrow F_{mp3} = N_2 \sin d_2 + F_{mp1} \cos d_1 - N_1 \sin d_1 - F_{mp2} \cos d_2$$

$$\rightarrow F_{mp3} = \frac{9mg}{4} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8^2}{17} + \frac{26mg}{85} \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{20mg}{51} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= \frac{18 \cdot 15 mg}{17^2} + \frac{104 mg}{425} - \frac{1200 mg}{31 \cdot 17} - \frac{12 mg}{25} = \left( \frac{180}{17 \cdot 17} + \frac{104}{25 \cdot 17} - \frac{12}{25} \right) mg =$$

$$= \left( \frac{10}{17} + \frac{104 - 204}{25 \cdot 17} \right) mg = \frac{250 - 100}{25 \cdot 17} mg = \frac{150 mg}{25 \cdot 17} = \frac{3}{17} mg$$

Значит направление  $F_{mp3}$  было верно.

Ответ. 1)  $\frac{26}{85} mg$  2)  $\frac{20}{51} mg$  3)  $\frac{3}{17} mg$





1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 5

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!

Газ однократно расширяется,  $\Rightarrow l = 3$ .

1) Работу газа за цикл можно найти как площадь в фигуре, ограниченной линиями процессов в координатах  $P(V)$ .

$\Rightarrow$  Если переписать график, данный в задании, то мы просто к числам на координатных осях добавим множители  $p_0$  и  $V_0$  соответственно по вертикали и по горизонтали.

$$\Rightarrow A_{\text{цикла}} = + S_{\text{кр}} = \frac{(10-4)p_0 \cdot (12-6)V_0}{2} - \frac{V_0(6-4)p_0 \cdot (12-6)}{2} =$$

$$= \frac{6p_0V_0 \cdot 6 \cdot 3}{2} - \frac{2p_0V_0 \cdot 6}{2} = (18-6)p_0V_0 = 12p_0V_0.$$

Найдем  $\Delta U_{12}$ . В положении 1:  $p_0 \cdot 10 \cdot 6V_0 = \nu RT_1$ ;

в положении 2:  $4p_0 \cdot 12V_0 = \nu RT_2$ ;

$$\Rightarrow \nu RT_1 = 60p_0V_0$$

$$\nu RT_2 = 48p_0V_0 \quad \text{Тогда } \Delta U_{12} = C_V \nu \Delta T_{12} = \frac{3}{2} R \cdot \nu \cdot (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (48p_0V_0 - 60p_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot (-12)p_0V_0 = -18p_0V_0.$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A_{\text{цикла}}} = \frac{18p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{18}{12} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2}.$$

среднее

3) В процессе  $1 \rightarrow 2$  теплота переменна.

$\Rightarrow$  Процесс  $1 \rightarrow 2$  можно разбить на процесс 1A, где тепло передано (за счет роста температуры) и где тепло отведено = A2.

Найдем зависимость  $Q(V)$ .

$$\cancel{Q = \Delta U + A} \quad Q = \Delta U + A \rightarrow \delta Q = dU + \delta A;$$

Поскольку газ однократный, то  $C_V = \frac{3}{2}R \rightarrow dU = \frac{3}{2}\nu R dT$   
( $V = \text{const}$ ).





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 5

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!

$$\delta Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV = \frac{3}{2} \nu R dT + \left(16p_0 - \frac{Vp_0}{V_0}\right) dV$$

↑  
поверхность кол-во теплоты

Исход из заданного:  $\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 16 \rightarrow p = 16p_0 - \frac{Vp_0}{V_0}$

Аппроксимирем данное соотношение: Температуру от  $T_1$  до  $T^*$  (пусть  $T^*$  - какая-либо температура в некоторой точке C).

$V$  от  $V_1$  до  $V^*$ , то есть до  $V$ .

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T^* - T_1) + 16p_0(V - V_1) - \frac{p_0}{V_0} \left( \frac{V^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} \right)$$

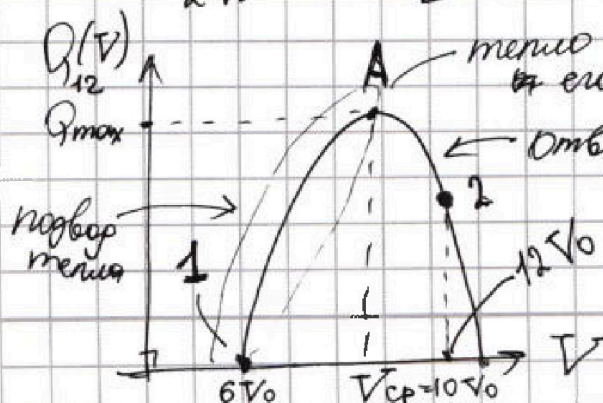
По уравнению Менделеева Клапейрона:

$$\nu R T^* = p^* V = \left(16p_0 - \frac{Vp_0}{V_0}\right) \cdot V$$

$$\nu R T_1 = p_1 V_1 = 10p_0 \cdot 6V_0 \quad ; \quad V_1 = 6V_0$$

$$\begin{aligned} Q(V) &= \frac{3}{2} \cdot 16p_0 V - \frac{3}{2} \cdot \frac{V^2 p_0}{V_0} + 16p_0 V - 16 \cdot 6p_0 V_0 - \\ &- \frac{p_0 V^2}{2V_0} + \frac{36p_0 V_0}{2} = 40p_0 V - 2 \frac{p_0 V^2}{V_0} - 78p_0 V_0 = \\ &= -\frac{2p_0}{V_0} V^2 + 40p_0 V - 78p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{12} &= \frac{3}{2} \cdot 16p_0 V - \frac{3}{2} \cdot \frac{V^2 p_0}{V_0} - \frac{3}{2} \cdot 60p_0 V_0 + 16p_0 V - 16 \cdot 6p_0 V_0 - \\ &- \frac{p_0 V^2}{2V_0} + \frac{36p_0 V_0}{2} = -\frac{2p_0}{V_0} V^2 + 40p_0 V - 168p_0 V_0 = Q(V) \end{aligned}$$



↑ тепло перестали прибавлять, и его начали отбирать

$$V_{cp} = \frac{-40p_0}{2 \cdot (-\frac{2p_0}{V_0})} = 10V_0$$

→ до  $V_{cp} = 10V_0$  тепло прибавлялось, а далее - отбиралось

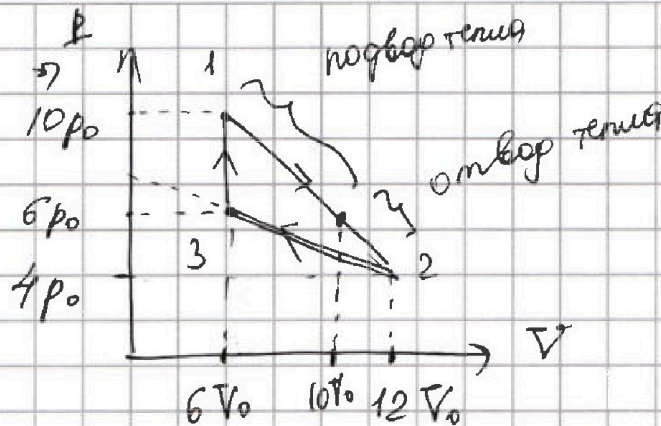


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
3 из 5

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 участок 2 → 3. Считаем адиабатно:

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{8}{24} \frac{V}{V_0} + 8 \Rightarrow p = -\frac{1}{3} \frac{V p_0}{V_0} + 8 p_0 = 8 p_0 - \frac{p_0 V}{3 V_0}$$

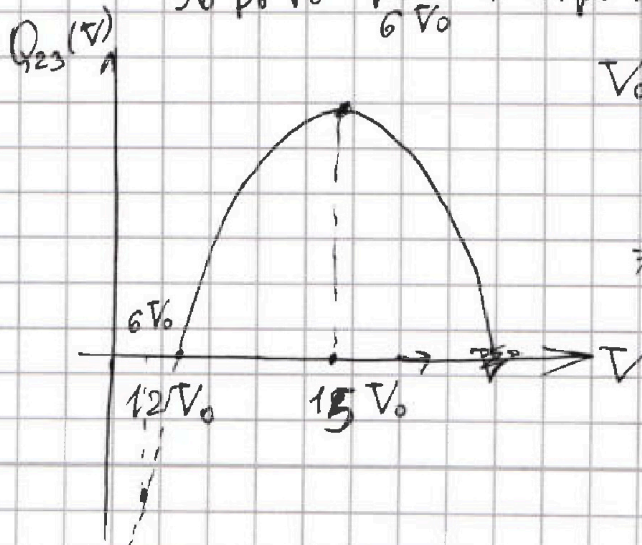
$$\Rightarrow Q_{23}(V) = \frac{3}{2} V R (T^{**} - T_2) + p_0 \delta (V^{**} - 12 V_0) - \frac{p_0}{3 V_0} \left( \frac{V_1^2}{2} - \frac{V_2^2}{2} \right)$$

$$\Rightarrow V R T^{**} = p V = \left( 8 - \frac{p_0 V}{3 V_0} \right) V ;$$

$$V R T_2 = 4 p_0 \cdot 12 V_0 = 48 p_0 V_0 ; V_2 = 12 V_0$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_{23}(V) &= \frac{3}{2} \cdot \left( 8 V p_0 - \frac{p_0 V^2}{3 V_0} - 48 p_0 V_0 \right) + 8 V p_0 - 8 \cdot 12 V_0 p_0 - \\ &= \frac{p_0 V^2}{6 V_0} + \frac{p_0^2}{6 V_0} \cdot 12 \cdot 12 \cdot V_0^2 = 12 V p_0 - \frac{p_0 V^2}{2 V_0} - 72 p_0 V_0 + 8 p_0 \cdot V - \end{aligned}$$

$$- 96 p_0 V_0 - \frac{p_0 V^2}{6 V_0} + 24 p_0 V_0 = 20 p_0 V - 144 p_0 V_0 - \frac{2}{3} \frac{p_0 V^2}{V_0}$$



$$V_{cp2} = \frac{-20 p_0}{2 \cdot (-\frac{2 p_0}{3 V_0})} = \frac{20 \cdot 3 V_0 p_0}{4 p_0} = 15 V_0$$

⇒ Мы не достигли той точки, где тепло начало отводиться (после 15 V0)

+  $Q_{23}(6 V_0) < 0 \Rightarrow$  в процессе 2 → 3 тепло только отводится

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
4 из 5

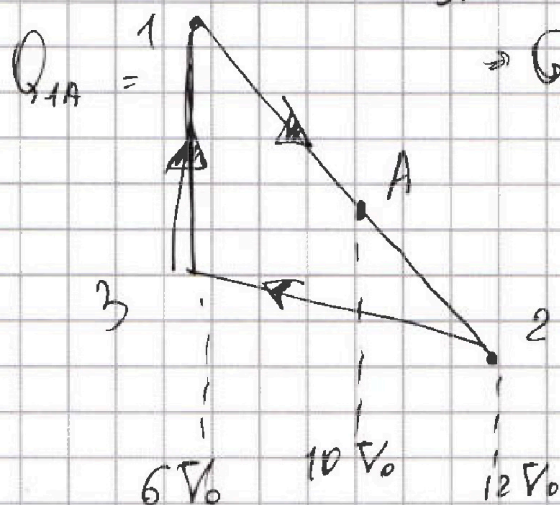
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

процесс 31 изохорой с увеличением давления,  $p \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

$$\uparrow p \Rightarrow \uparrow T, \quad \text{const}$$

$$\Rightarrow Q_{31} > 0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_{31} + Q_{1A}}$$



$$\Rightarrow Q_{1A}(10V_0) = -\frac{2p_0 \cdot 100V_0}{V_0} + 400p_0V_0$$

$$-168p_0V_0 = 32p_0V_0$$

$$\Rightarrow A_{\text{полн}} = 12p_0V_0 \text{ по пункту 1.}$$

$$\Rightarrow Q_{31} = C_{31} \cdot \nu \cdot (T_1 - T_3) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3);$$

$$\nu R T_1 = 10p_0 \cdot 6V_0 = 60p_0V_0$$

$$\nu R T_3 = 6p_0 \cdot 6V_0 = 36p_0V_0$$

$$\Rightarrow Q_{31} = \frac{3}{2} (60 - 36) p_0V_0 = 36p_0V_0$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{12p_0V_0}{32p_0V_0 + 36p_0V_0} = \frac{12p_0V_0}{68p_0V_0} = \frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

пункт 2

2. Из Менделеева-Клапейрона:  $pV = \nu RT$

$$\Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R} \rightarrow \frac{(16p_0 - \frac{Vp_0}{V_0})V}{\nu R} = T$$

$$T(V) = \frac{16p_0V}{\nu R} - \frac{p_0V^2}{V_0\nu R}$$

Когда  $T = T_{\text{max}}$ , то есть экстремум, то ее производная равна 0.

$$dT(V)/dV = 0$$

$$\Rightarrow \frac{-2Vp_0}{V_0\nu R} + \frac{16p_0}{\nu R} = 0 \Rightarrow V = \frac{16V_0}{2} = 8V_0 \rightarrow$$

при такой температуре в процессе 1-2  $T = T_{\text{max}} \Rightarrow$  по закону  $p(T_{\text{max}}) = 8p_0$





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  
5 из 5

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!

$$\nu R T_{\max} = 8 p_0 \cdot 8 V_0 = 64 p_0 V_0$$

$$\left\{ \begin{aligned} Q_{12} = Q_{12}(12 V_0) &= -\frac{2 p_0 \cdot 12 \cdot 12 V_0^2}{V_0} + 40 p_0 \cdot 12 V_0 - 168 p_0 V_0 \\ &= (480 - 456) p_0 V_0 = 24 p_0 V_0 = A_{12} + \Delta U_{12} \end{aligned} \right.$$

Температура газа в состоянии 3:

$$6 p_0 \cdot 6 V_0 = \nu R T_3$$

$$\rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64 p_0 V_0}{36 p_0 V_0} = \left( \frac{4}{3} \right)^2 = \frac{16}{9}$$

Ответ. 1)  $\frac{3}{2}$  2)  $\frac{16}{9}$  3)  $\frac{3}{17}$

1)  $\frac{3}{2}$  2)  $\frac{16}{9}$  3)  $\frac{3}{17}$

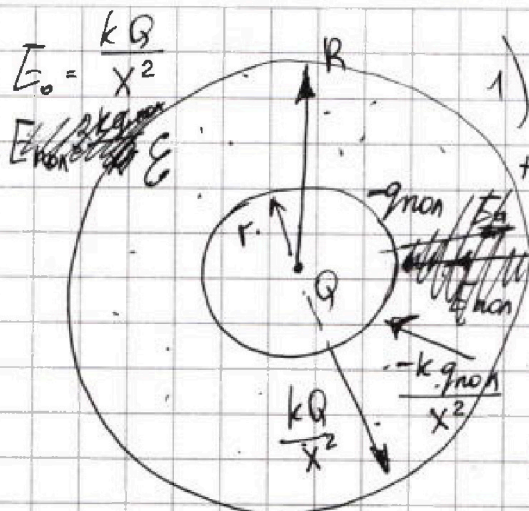


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Суммарный заряд диэлектрика  
всегда 0. При  $x > R$  потенциал  
описывается формулой:

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} \text{ при } x > R.$$

Предположим, что  $Q > 0$ .

Тогда на диэлектрике образовались  
поверхностные заряды  
(см. рис.).

$$\varphi(x + \Delta r) \approx \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{q_{\text{пол}} \cdot k}{x} + \frac{q_{\text{пол}} k}{R},$$

$$x \approx R, \text{ т.е. } x = R + dr, dr \ll R \Rightarrow x \approx R \Rightarrow$$

$$\frac{kQ}{R} - \frac{kq_{\text{пол}}}{R} + \frac{q_{\text{пол}} k}{R} = \varphi(R + dr).$$

$$\varphi(R - dr) \approx \varphi(R) \Rightarrow \frac{kQ}{R} - \frac{q_{\text{пол}} k}{R} + \frac{q_{\text{пол}} k}{R} = \frac{kQ}{R}.$$

$$\text{Тогда: } E_1 = \frac{kQ}{R^2} - \frac{kq_{\text{пол}}}{R^2} = \frac{kQ}{\epsilon R^2}$$

$$\Rightarrow \frac{kQ}{R^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \frac{q_{\text{пол}} k}{R^2} \Rightarrow q_{\text{пол}} = \frac{Q(\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

• Тогда  $\varphi(x)$  при  $r < x < R$  считается так:

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq_{\text{пол}}}{x} + \frac{kq_{\text{пол}}}{R} = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{R\epsilon}$$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{kq_{\text{пол}}}{R} - \frac{kq_{\text{пол}}}{x} = \frac{kQ}{x} - \frac{kQ(\epsilon - 1)}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{R\epsilon} =$$

$$= \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{R\epsilon} = \varphi(x) \text{ (при } r < x < R)$$

$$\Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 6\varphi_0 \Rightarrow \frac{kQ \cdot 3}{\epsilon R} + \frac{kQ(\epsilon - 1)}{R\epsilon} = 6\varphi_0$$





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!

$$\varphi\left(\frac{ER}{3}\right) = 54_0 \Rightarrow \frac{kQ \cdot 3}{E \cdot 2R} + \frac{kQ(E-1)}{ER} = 54_0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{3kQ}{2ER} + \frac{kQE}{ER} - \frac{kQ}{ER} = 54_0 \\ \frac{3kQ}{ER} + \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{ER} = 64_0 \end{cases}$$

2-го порядка:

$$\Rightarrow \text{вычитаем} \rightarrow \varphi_0 = \frac{3kQ}{ER} - \frac{3kQ}{2ER} = \frac{3kQ}{2ER}$$

$$\left( \varphi_0 = \frac{kQ}{E} - \frac{kq_{\text{пол}}}{e} + \frac{kq_{\text{пол}}}{e} = \frac{kQ}{E} \right)$$

поразим (т.е. вводим  $\varphi_0$  и приравняем)

$$\Rightarrow \frac{3kQ}{6ER} + \frac{kQ}{6ER} - \frac{kQ}{6ER} = \frac{3kQ}{10ER} + \frac{kQ}{5R} - \frac{kQ}{5ER}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2ER} + \frac{1}{6R} - \frac{1}{6ER} = \frac{3}{10ER} + \frac{1}{5R} - \frac{1}{5ER}$$

потенциал внутри сферы равен потенциалу на её поверхности

$$\Rightarrow \frac{5-3+2}{10ER} = \frac{6+5}{30R} + \frac{1}{6ER}$$

$$\frac{2}{5ER} - \frac{1}{6ER} = \frac{1}{30R} \rightarrow \frac{7}{30ER} = \frac{1}{30R} \Rightarrow \boxed{E=7}$$

если  $X = \frac{11R}{12}$ , то

$$\varphi(X) = \frac{kQ}{EX} + \frac{kQ(E-1)}{ER} \Rightarrow \varphi\left(\frac{11R}{12}\right) = \frac{kQ \cdot 12}{E \cdot 11R} +$$

$$\frac{kQ(E-1)}{ER} = \frac{12kQ + 11kQE - kQ \cdot 11}{11ER} = \frac{kQ(1+11E)}{11ER}$$

Если  $X < R$ , то потенциал ~~не равен~~ равен  $\frac{kQ}{X} - \frac{kq_{\text{пол}}}{R} + \frac{kQ}{R}$ . В нашем случае потенциал мы находим внутри диэлектрика  $\Rightarrow X < R$  в обоих случаях.

Ответ 1)  $\frac{kQ(1+11E)}{11ER}$  ; 2)  $E=7$





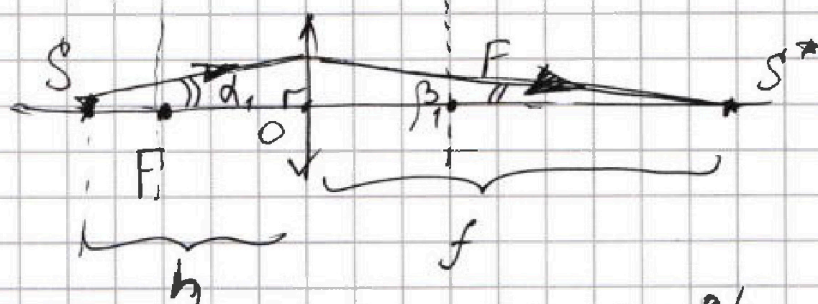
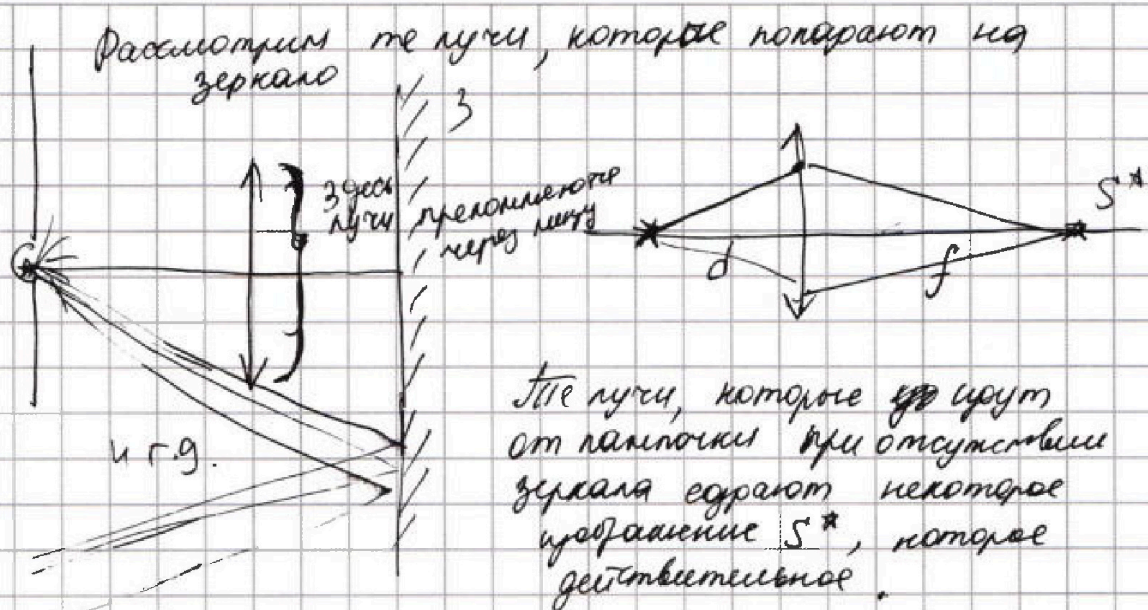
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА

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!

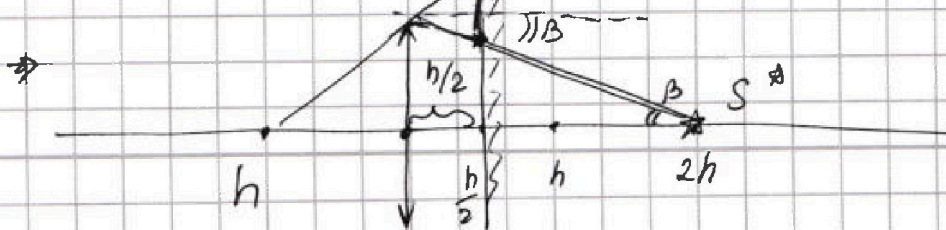
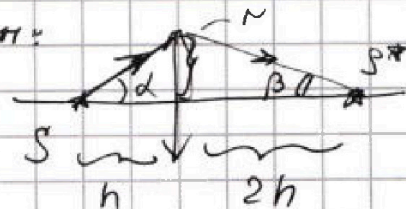


$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; F = \frac{2h}{3} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{2h}$$

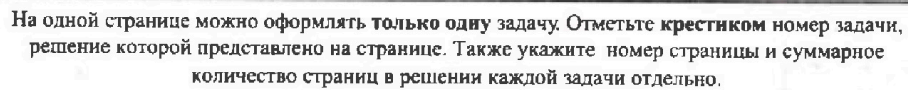
$$\rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{2h} - \frac{1}{h} = \frac{1}{2h} \rightarrow f = 2h$$

Далее найдем угол  $\beta$ , при котором лучи от  $S$  попадают на линзу на расстоянии  $r$  от центра линзы:

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

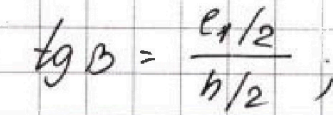






СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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!



$$\lg \beta = \frac{r}{2h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{l_1 \cdot 2}{2 \cdot 1} = \frac{r}{2 \cdot 1} \rightarrow l_1 = \frac{r}{2}$$

$$l_2 = r - \frac{l_1}{2} = r - \frac{r}{4} = \frac{3r}{4}$$

$$l_3 = l_2 + l_1 = \frac{3r}{4} + \frac{r}{2} = \frac{5r}{4}$$

~~Код~~ разн: Внутренняя  
освещенной пещеры  
на зеркале

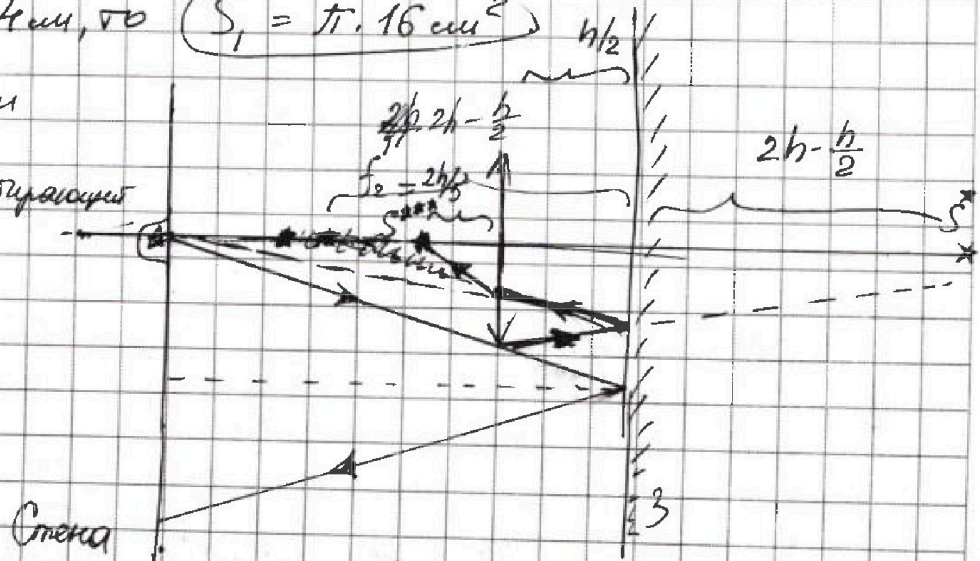
$$\Rightarrow S_1 = \pi l_3^2 - \pi l_2^2 = \pi \cdot \left( \left( \frac{5r}{4} \right)^2 - \left( \frac{3r}{4} \right)^2 \right) =$$
  

$$= \pi \left( \frac{5r}{4} - \frac{3r}{4} \right) \left( \frac{5r}{4} + \frac{3r}{4} \right) = \pi \cdot \frac{r}{2} \cdot 2r = \pi r^2$$

если  $r = 4 \text{ см}$ , то  $(S_1 = \pi \cdot 16 \text{ см}^2)$

6. силу симметрии  
отн-ко зеркалу

7) для минут составляется  
личное  
устройство





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.



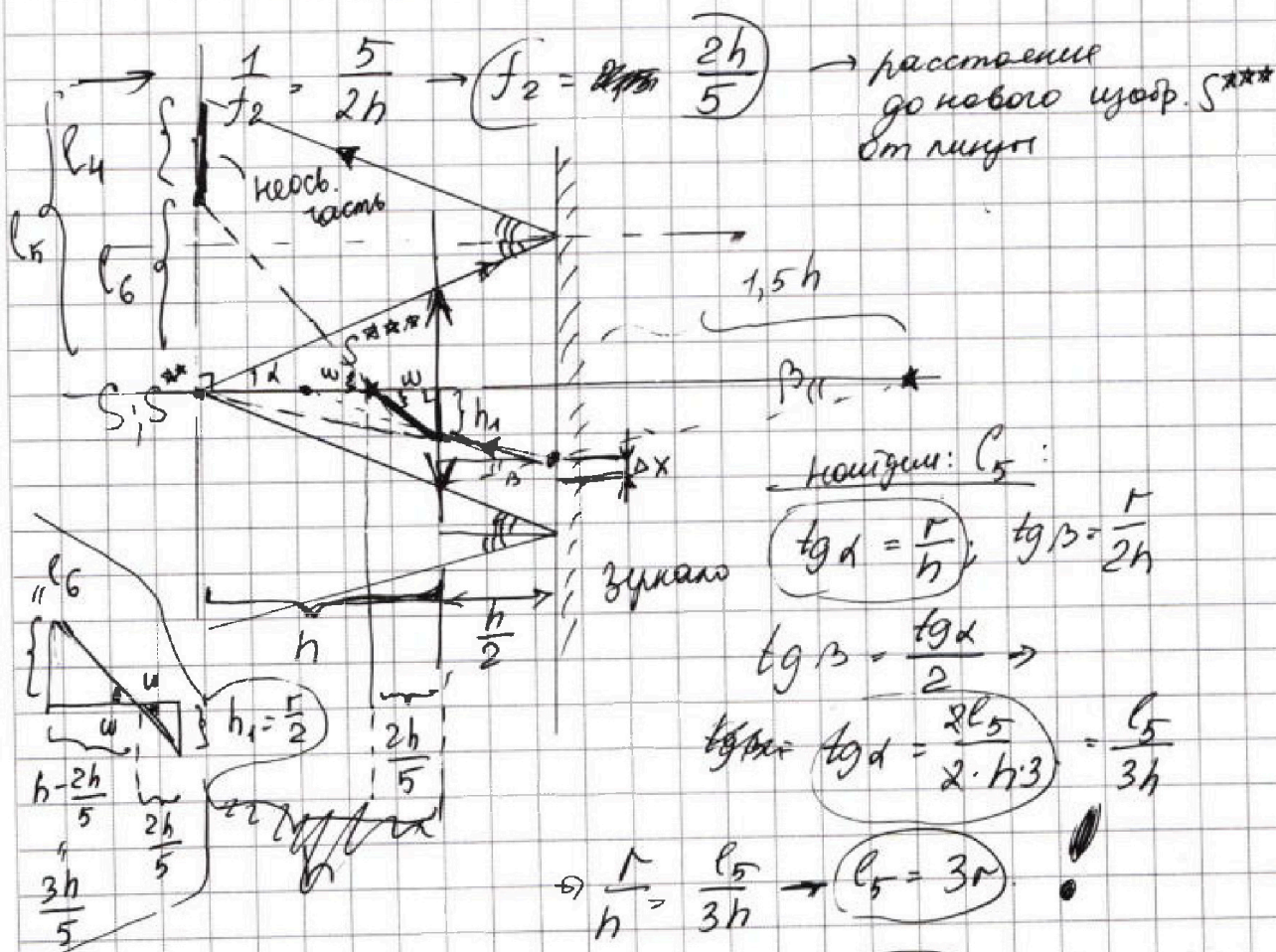
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

Поскольку изображение  $S^{**}$  сдвинуто ~~вправо~~ сходящееся  
лучом, то  $S^{**}$  мнимое,  $\rightarrow$  по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{h} \quad ; \quad F = \frac{2h}{3} \rightarrow \frac{3}{2h} + \frac{1}{h} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow$$



Находим  $l_6$ .

$$\tan \beta = \frac{\Delta x \cdot 2}{h} = \frac{r}{2h} \Rightarrow \Delta x = \frac{r}{4} \Rightarrow h = r - 2\Delta x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = r - 2 \cdot \frac{r}{4} = r - \frac{r}{2} = \frac{r}{2} \quad \text{Правда}$$

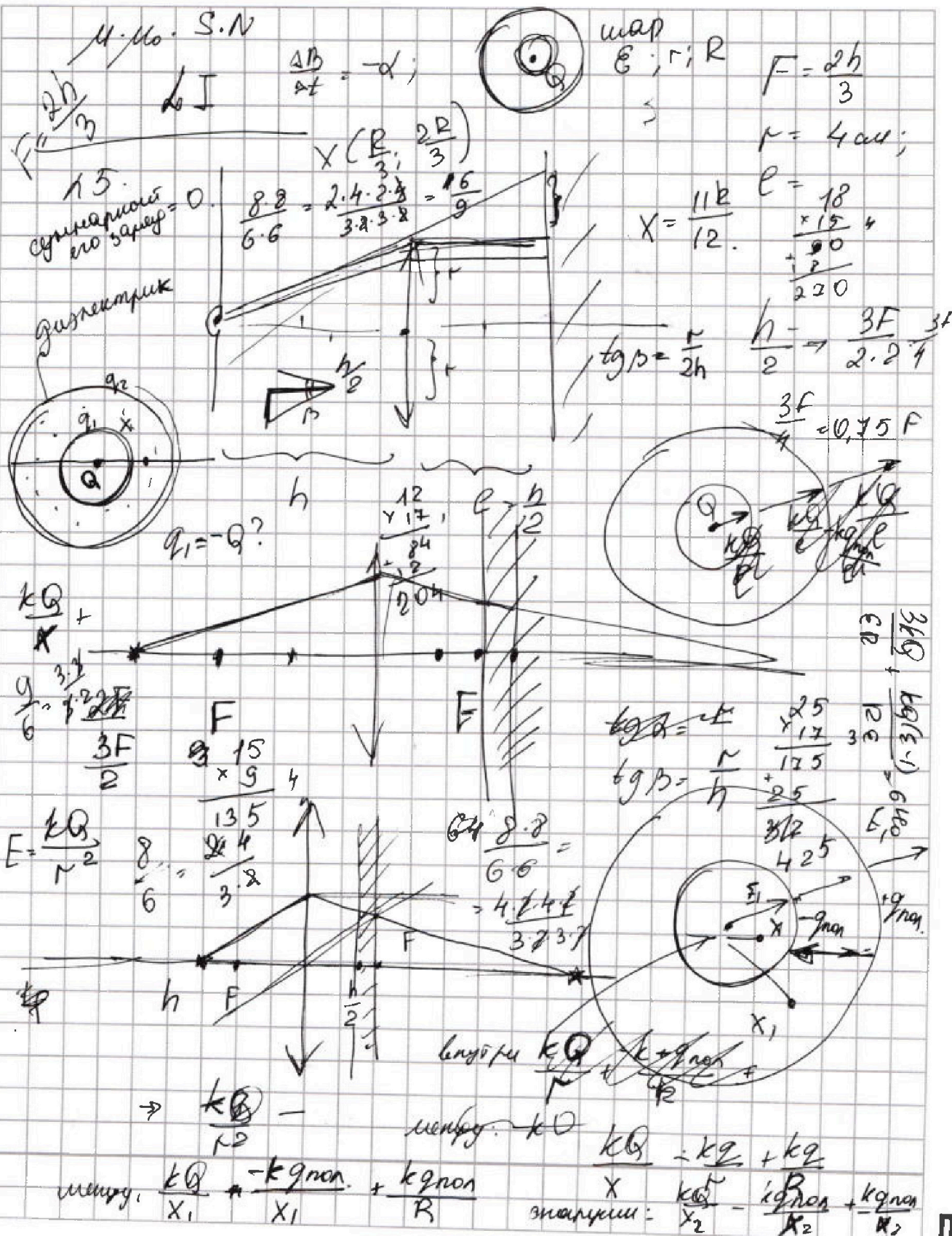
Из подобия  $\Delta$  следует, что  $\tan \alpha = \frac{h_1}{2h/5} = \frac{l_6}{3h/5} = h - \frac{2h}{5} \rightarrow r_{\text{ч}} = h_{\text{ч}}$

$$\Rightarrow l_6 = \frac{h_1 \cdot 3h}{5 \cdot 2h} = \frac{3h_1}{2} = \frac{3 \cdot \frac{r}{2}}{2} = \frac{3r}{4}$$

$$\Rightarrow S_2 = (l_5^2 - l_6^2) \cdot \pi = (9r^2 - \frac{9r^2}{16}) \pi = \frac{15r^2 \cdot 9}{16} \pi = \frac{135r^2 \pi}{16} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S_2 = \frac{135 \cdot (4 \text{ см})^2 \pi}{16} = 135 \pi \text{ см}^2. \quad \text{Ответ. 1) } 16 \pi \text{ см}^2; 2) 135 \pi \text{ см}^2.$$









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

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
 ИЗ

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

$$Q = \frac{3}{2} \sqrt{RT^*} - \frac{3}{2} \sqrt{RT_1} + 16p_0 V - 16p_0 V_0 - \frac{\sqrt{p_0} V_0}{2} + \frac{V_0 p_0}{2}$$

$$\sqrt{RT^*} = p \cdot V; p_1 = \sqrt{RT_1} = 10p_0 \cdot 6V_0$$

$$Q = \frac{3}{2} \sqrt{RT^*} - Q = \frac{3}{2} \left( 16p_0 - \frac{V_0 p_0}{V_0} \right) \cdot V - \frac{3}{2} 10p_0 \cdot 6V_0 + 16p_0 V_0$$

$$Q = -\frac{2}{3} p_0 \frac{V^2}{V_0} - 144p_0 V_0 + 20p_0 V$$

$$V = 12V_0, \text{ то } Q = 0.$$

$$-\frac{2}{3} \cdot p_0 \cdot \frac{1}{V_0} \cdot 144V_0^2 = -96p_0 V_0 - 144p_0 V_0 +$$

$$\begin{array}{r} -144 \mid 3 \\ 12 \mid 48 \\ \hline 24 \end{array} \quad \begin{array}{r} 48 \\ +2 \\ \hline 96 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20 \\ +12 \\ \hline 32 \end{array} \quad \begin{array}{r} 144 \\ +96 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$Q_{23}(16V_0) =$$

$$= 20p_0 \cdot 6V_0 - 144p_0 V_0 - \frac{2}{3} p_0 \cdot \frac{12^2 V_0^2}{V_0}$$

$$\begin{array}{r} \times 144 \\ 2 \\ \hline 288 \\ 40 \\ \times 12 \\ \hline 480 \end{array} = 120p_0 V_0 - 144p_0 V_0 - 24p_0 V_0$$

$$-200 + 400 - 168$$

$$= 400 - 368 = 32$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{12^2}{4} = 36$$

$$\frac{12}{68} = \frac{6}{34}$$

$$\frac{68}{8} \mid 2 \quad \frac{34}{2} \mid 17$$

$$pV = \sqrt{RT} \quad p_1 = 16p_0 - \frac{V_0 p_0}{V_0} \quad V = \sqrt{RT}$$

при  $T = T_{\max}$  функция

составим

$$kQ = \frac{X}{R} - \frac{X}{\sqrt{RT}} + \frac{X}{\sqrt{RT}} - \frac{X}{R}$$



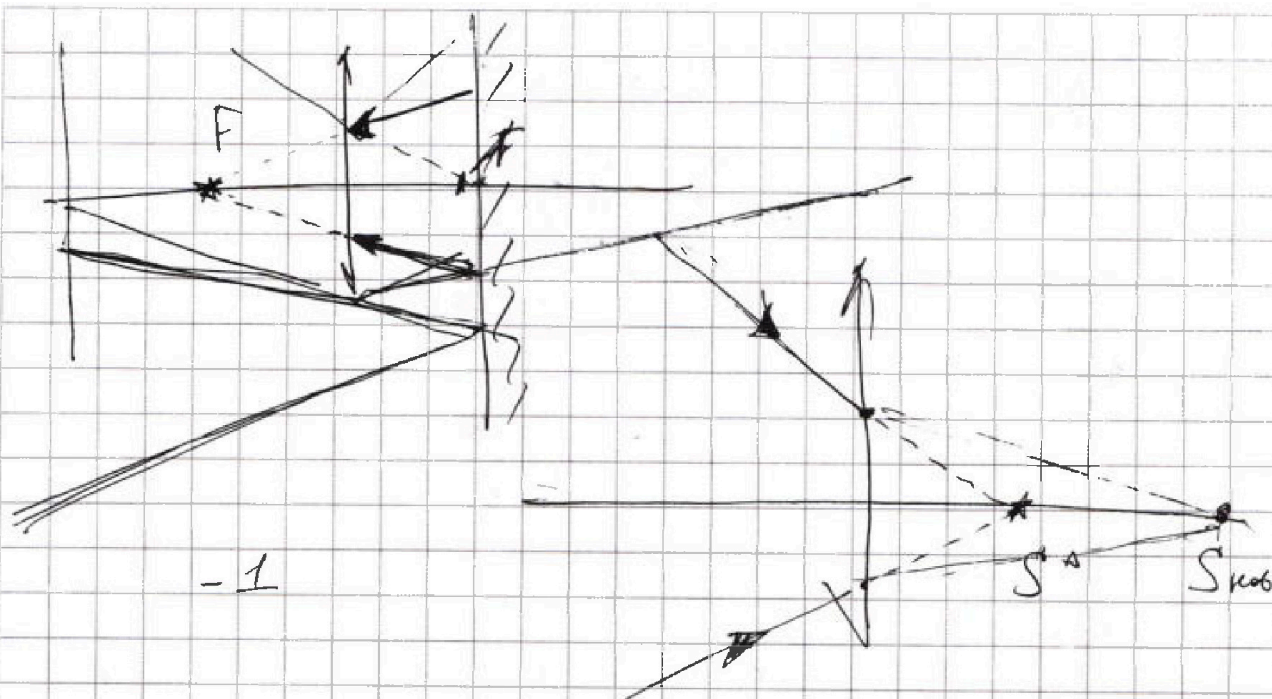


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
из

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



- 1





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!

$$Q_{1A} = 24 p_0 V_0; \quad Q_{1A} \neq Q_{11}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ - 24 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$Q_{1A} = 32 p_0 V_0;$$

$$Q_{A2} = (32 - 24) = 8$$

$$Q_{23} = Q_{12} (6 V_0)$$

$$Q_{23}(6 V_0) = -\frac{2}{3} p_0 \cdot 6 V_0 \cdot 6 V_0$$

$$-\frac{2}{3} p_0 \cdot 36 V_0^2 - 144 p_0 V_0 + 20 \cdot 6 p_0 V_0 =$$

$$= 120 - 144 - 24 = -48 p_0 V_0$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ - 2 \\ \hline 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ - 24 \\ \hline 168 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 168 \\ - 120 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \cdot 6 V_0 (10 p_0 - 6 p_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 6 V_0 \cdot 4 p_0 = 36 p_0 V_0$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ - 6 \\ \hline 62 \end{array}$$

$$\eta = Q_H = Q_{1A} + Q_{31}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ - 56 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$Q_X = Q_{A2} + Q_{23}$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{8 + 48}{36 + 32} = 1 - \frac{56}{68} = \frac{12}{68} = \frac{6}{34} = \frac{3}{17}$$

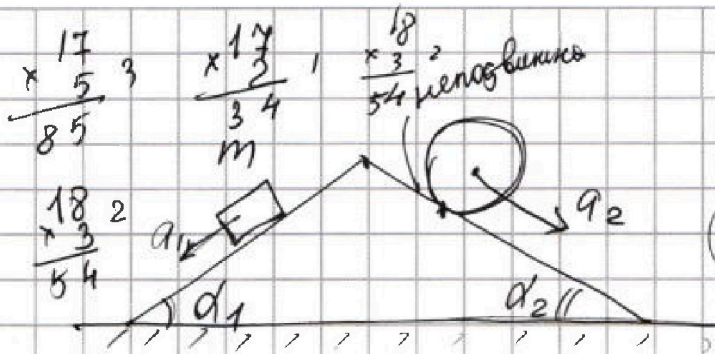


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

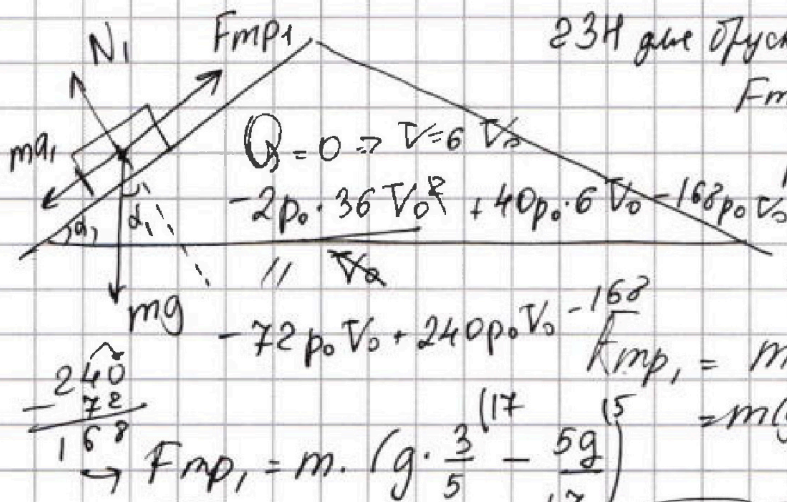
СТРАНИЦА  
 \_ ИЗ \_

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!



$$a_1 = \frac{5g}{17}; Q_2 = \frac{9g}{4}$$

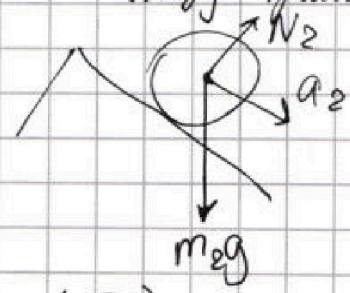
$m_1 = m$ ; 1)  $F_1 - ?$  тр  
 $m_2 = \frac{9m}{4}$ ; 2)  $F_2 - ?$  тр  
 3)  $F_3$  стоя и киш?



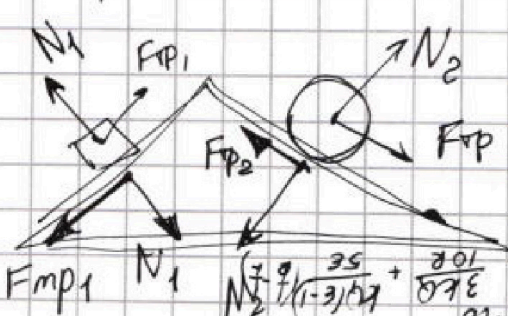
23H где блок:  $ma_1 = mgsin\alpha_1 - F_{mp1}$   
 $F_{mp} = \mu \cdot N_1$   
 $N_1 = mg \cos \alpha_1$   
 киш не поворачивается.  
 $\Rightarrow$  киш = UCD.

$$F_{mp1} = m \cdot \left( g \cdot \frac{3}{5} - \frac{5g}{17} \right) = m \cdot \left( \frac{51g - 25g}{85} \right) = m \cdot \frac{26g}{85}$$

Движение без проскальзывания (для шара)  
 внизу приложена сила трения покоя



Киш не поворачивается, киш как шар, поэтому силы скомпенсированы

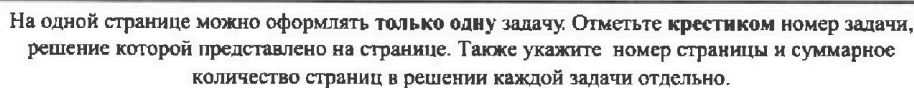


поскольку это шар, то  $F_{mp}$  сонаправлен с  $v$

$$N_2 = \frac{35}{85} + \frac{201}{85} = \frac{236}{85}$$

$$a_1 g = \left( \frac{3}{5} + \frac{1}{5} \right) \frac{g}{(1-3/5)} + \frac{2}{85}$$





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. Попоча QR-кода недопустима!

$\frac{3}{8} \cdot 160 = 24$

$m$

$F_{mp1}$

$N_1$

$d_1$

$F_{mp2}$

$N_2$

$d_2$

$9m/4$

$24 p_0 V$

$+ 16$

$40$

$x 16$

$(96) \cdot 3$

$-96 + \frac{36}{2}$

$\frac{36 \cdot 18}{78}$

$N_2 = mg \cdot \frac{g}{4} \cdot \cos d_2$

$N_1 = mg \cos d_1$

$no\ equilibrium:$

$- F_{mp1} \cdot \cos d_1 + N_1 \cdot \cos(90 - d_1) - N_2 \cdot \cos(90 - d_2) - F_{mp2} \cdot \cos d_2 +$

$+ F_{mp.nok} = 0.$

$\Delta U_{12}$

Ayurveda

$y = kx + b$

$k = \frac{6}{6}$

$p/p_0 = - \frac{V}{V_0} + 16$

$p/p_0 = 16 - \frac{V}{V_0} = P(V)$

$C_V dT = C_V dT + p dV$

$Q = \frac{3}{2} VR_\Delta T + p dV$

$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} VR dT + p dV$

$\frac{3}{2} VR(T^* - T_1) + 16 p_0 dV - \frac{V dV}{V_0}$

$= Q = \frac{3}{2} VR(T^* - T_1) + 16 p_0 (V - V_0) - \frac{1}{2} (V^2 - V_0^2)$