



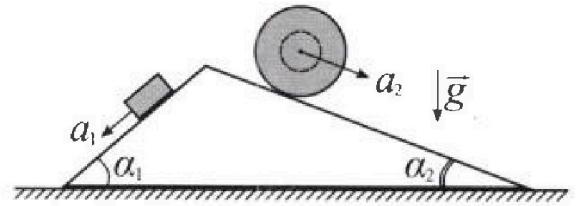
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17$, $\cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

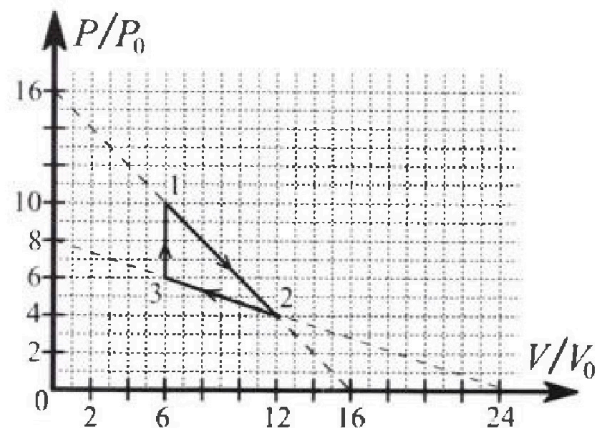


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

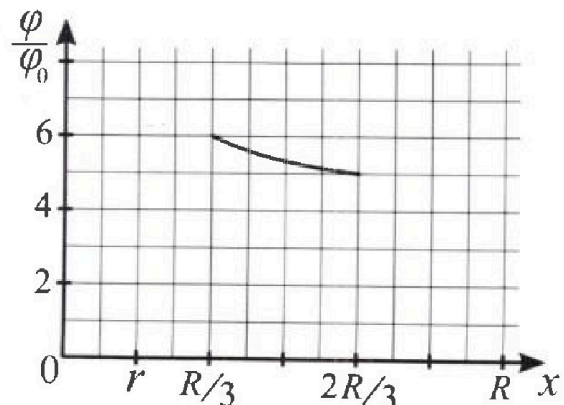
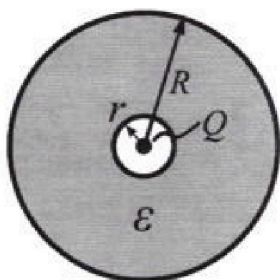
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



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 .



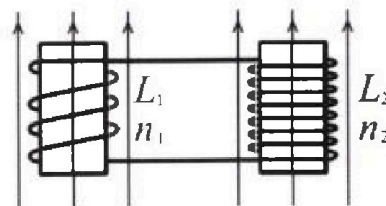
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

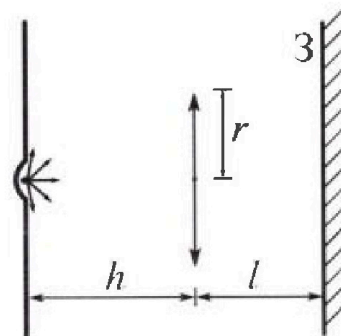


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (п о 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - 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 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:

$$m_1 = m;$$

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

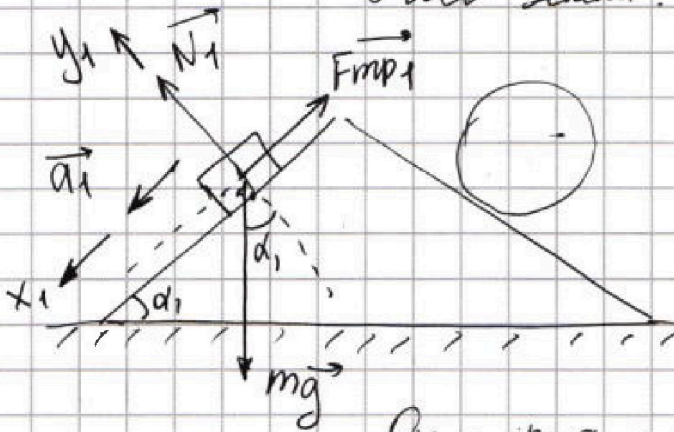
$$a_1 = \frac{5g}{17}$$

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

$$d_1: \sin d_1 = \frac{3}{5}; \cos d_1 = \frac{4}{5}$$

$$d_2: \sin d_2 = \frac{8}{17}; \cos d_2 = \frac{15}{17}$$

1) Рассмотрим брусок, скользящий по наклонной в отрывистости. Клин неподвижен, \Rightarrow он является 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 $a_{y1} = 0$.

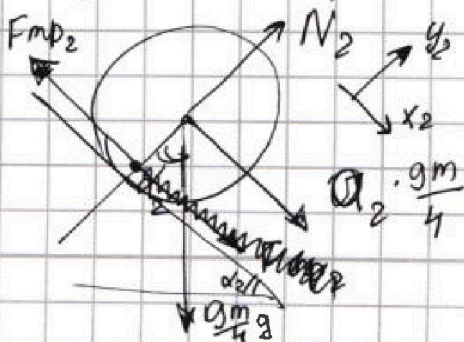
$$O_{y1}: N_1 = mg \cdot \cos d_1$$

$$O_{x1}: m \cdot a_1 = mg \cdot \sin d_1 - F_{mp1}$$

откуда $F_{mp1} = mg \sin d_1 - m a_1 = m (g \sin d_1 - a_1)$.

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

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:



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

$$O_{y2}: N_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \cos d_2$$

$$O_{x2}: \frac{9m}{4} a_2 = \frac{9m}{4} g \cdot \sin d_2 - F_{mp2}$$

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.

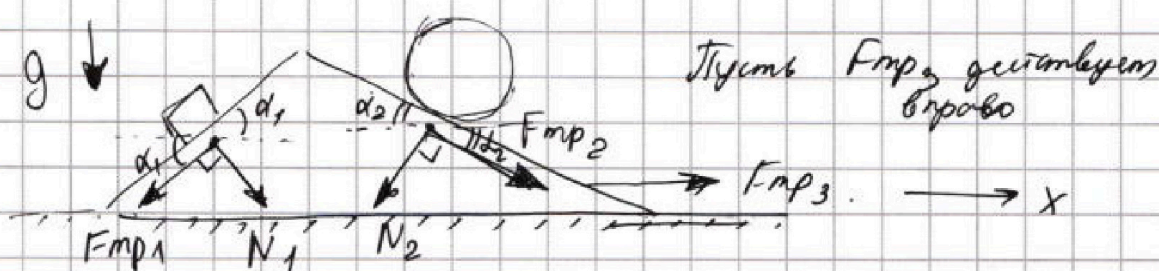
1 2 3 4 5 6 7

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!

Отсюда $F_{mp2} = -\frac{9m}{4} a_2 + \frac{9m}{4} g \cdot \sin d_2 = -\frac{9m}{4} \cdot \frac{8g}{27} + \frac{9mg}{4} \cdot \frac{8}{17} =$
 $= -\frac{2mg}{3} + \frac{18mg \cdot 13}{17} = \frac{54mg}{51} - \frac{34mg}{51} = \frac{20mg}{51}$

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



По x : $M_{кл} \cdot a_x = F_{mp2} \cdot \cos d_2 + N_1 \cdot \sin d_1 + F_{mp3} -$
 $- N_2 \cdot \sin d_2 - F_{mp1} \cdot \cos d_1 = 0$, т.к. $a_x = 0$.

$\rightarrow F_{mp3} = N_2 \sin d_2 + F_{mp} \cos d_1 - N_1 \sin d_1 - F_{mp2} \cos d_2$ $M_{кл}$ - масса клина

$\rightarrow F_{mp3} = \frac{9mg}{4} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8^2}{17} + \frac{26mg}{85} \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{20mg}{51} \cdot \frac{15}{17} =$
 $= \frac{18 \cdot 15 mg}{17^2} + \frac{104 mg}{425} - \frac{1200 mg}{17 \cdot 25} - \frac{12 mg}{25} = \left(\frac{170}{17 \cdot 17} + \frac{104}{25 \cdot 17} - \frac{12}{25} \right) mg =$
 $= \left(\frac{10}{17} + \frac{104 - 204}{25 \cdot 17} \right) mg = \frac{250 - 100}{25 \cdot 17} mg = \frac{150 mg}{25 \cdot 17} = \frac{3}{17} mg$

Значит направление F_{mp3} будет влево.

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 аргоатомный идеальное, $\Rightarrow l = 3$.

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 множитель p_0 и V_0 соответственно по вертикали и по горизонтали.

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

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

Найдем ΔU_{12} . В положении 1: $p_0 \cdot 10 \cdot 6V_0 = \nu RT_1$;
в положении 2: $4p_0 \cdot 12V_0 = \nu RT_2$;

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

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

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

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

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 отворилось = A2.

Найдем зависимость $Q(V)$.

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

Поскольку газ аргоатомный, 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!

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

↑
поверхность кол-во тепла

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

Проинтегрируем 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 .

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

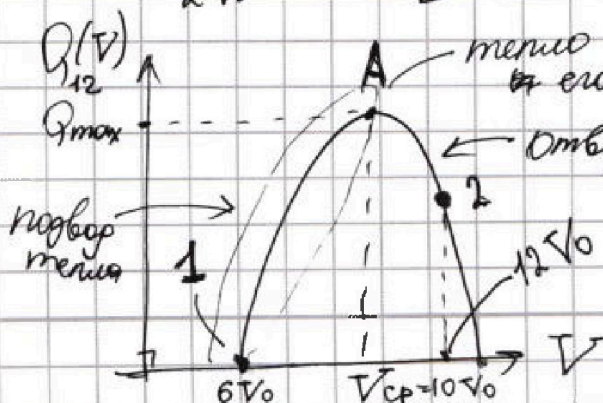
По уравнению Менделеева Клапейрона:

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

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

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

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



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

\rightarrow до $V_{cp} = 10 V_0$ тело расширялось, а далее - сжималось

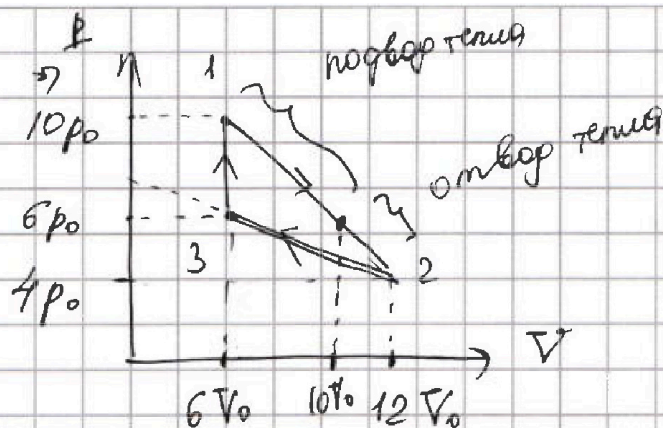
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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. Сжимаем адиабатно:

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

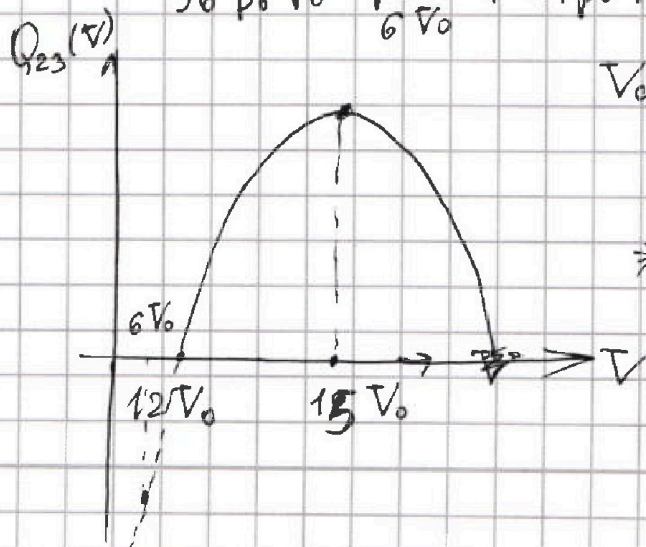
$$\Rightarrow Q_{23}(V) = \frac{3}{2} V R (T^{**} - T_2) + p_0 \cdot 8 (V^{**} - 12 V_0) - \frac{p_0}{3 V_0} \left(\frac{V^{**2}}{2} - \frac{V_2^2}{2} \right)$$

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

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

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

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



$$V_{\text{ср}2} = \frac{-20 p_0}{2 \cdot \left(-\frac{2 p_0}{3 V_0} \right)} = \frac{20 \cdot 3 V_0 p_0}{4 p_0} = 15 V_0$$

⇒ Мы не достигли той точки, где термиз начал бы поворачиваться (после $15 V_0$)
 $Q_{23}(6 V_0) < 0 \Rightarrow$ в процессе ~~12V0~~ 2 → 3 термиз только отводится

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
4 из 5

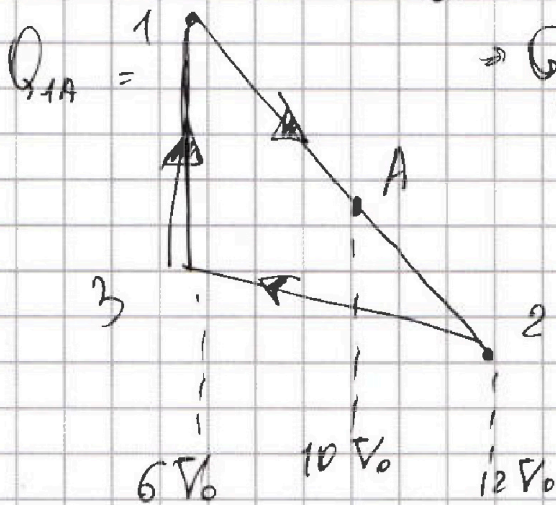
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

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



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

$$-168p_0V_0 = 32p_0V_0$$

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

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

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

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

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

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

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

пункт 2:

Цикл Менделеева - Клайперона: $pV = \nu RT$

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

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

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

$$A T'(V) = 0$$

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

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



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

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:

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

$$\rightarrow \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64 p_0 V_0}{36 p_0 V_0} = \left(\frac{16}{9} \right) \cdot \frac{16}{9}$$

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

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

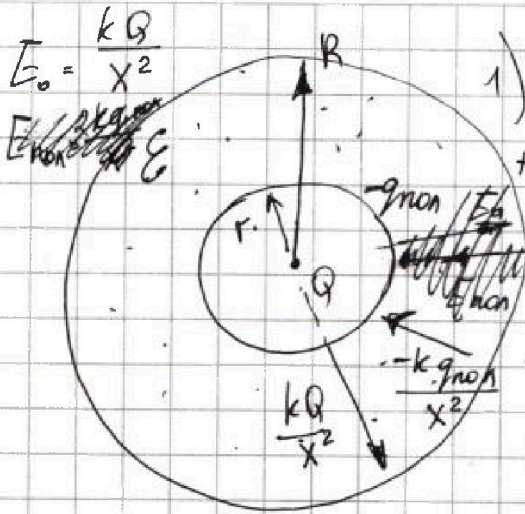


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Суммарной заряд диэлектрика
всегда 0. При $x > R$ потенциал
 $+q_{\text{пол}}$ описывается формулой:

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

Предположим, что $Q > 0$.

Тогда на диаметре образовались
полюризационные заряды
(см. рис.).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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!

$$\varphi\left(\frac{ER}{3}\right) = 540 \Rightarrow \frac{kQ \cdot 3}{E \cdot 2R} + \frac{kQ(E-1)}{ER} = 540$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{3kQ}{2ER} + \frac{kQE}{ER} - \frac{kQ}{ER} = 540 \\ \frac{3kQ}{ER} + \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{ER} = 640 \end{cases}$$

2-го порядка:

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

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

корачим (т.е. вычитаем φ_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

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

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

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 ~~равен~~ равен $\frac{kQ}{x} - \frac{kQ_{\text{пол}}}{r} + \frac{kQ}{R}$. В нашем случае потенциал мы находим внутри диэлектрика $\Rightarrow r < x < R$ в обоих случаях.

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

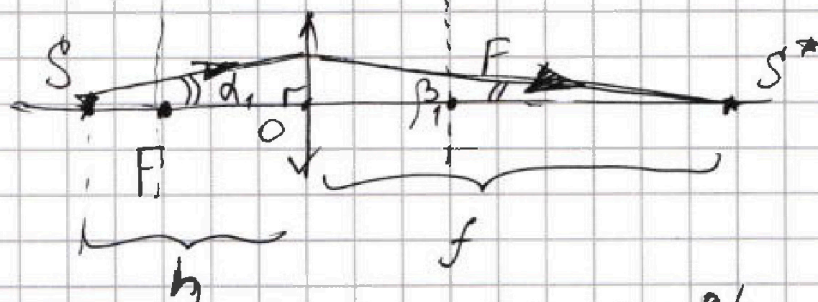
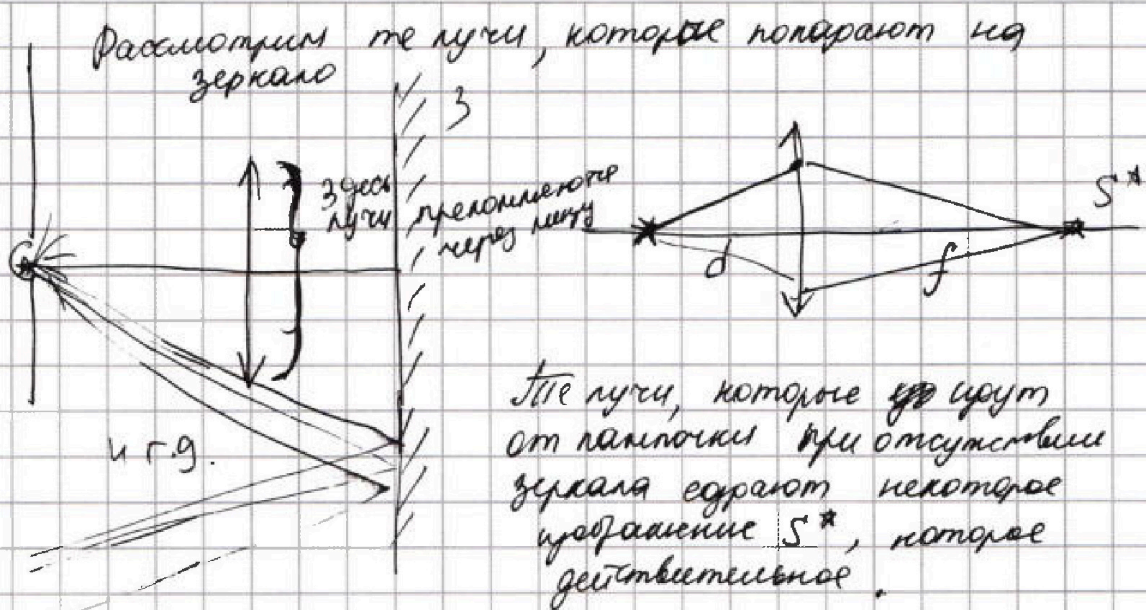


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

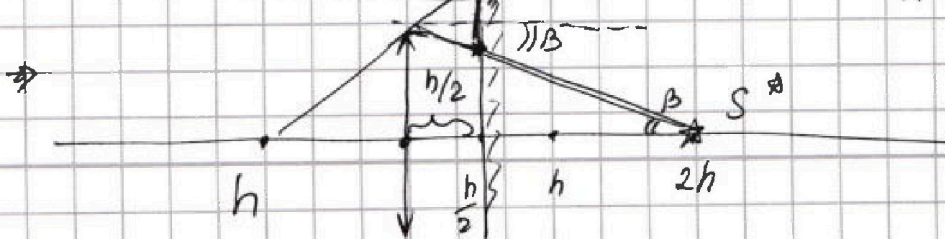
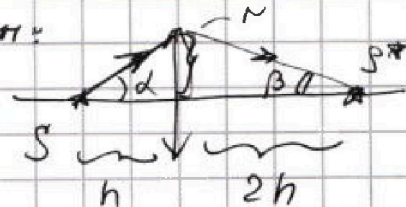


$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; F = \frac{2h}{3} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{2h}$$

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

Далее найдем угол β , при котором лучи от S направлены на линзу на расстоянии r от центра линзы:

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



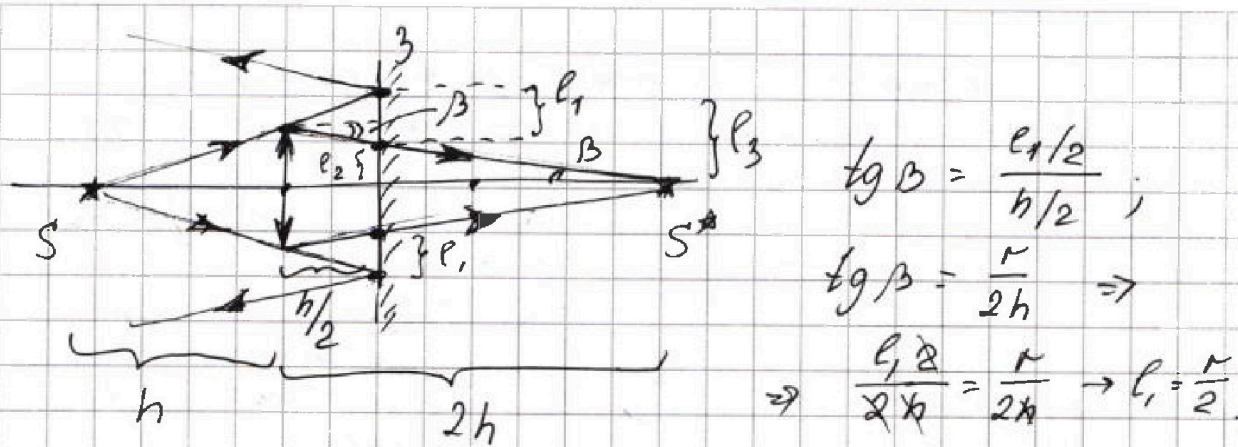


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

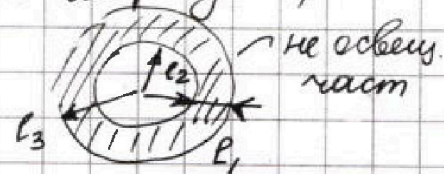
СТРАНИЦА
2 из 3

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!



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{r/2}{h/2} \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{r}{2h} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{r/2}{2h} &= \frac{r}{2h} \rightarrow l_1 = \frac{r}{2} \end{aligned}$$

→ не освещенная часть имеет ширину l_1
(т.е. это ~~раз~~ ~~сфера~~)



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

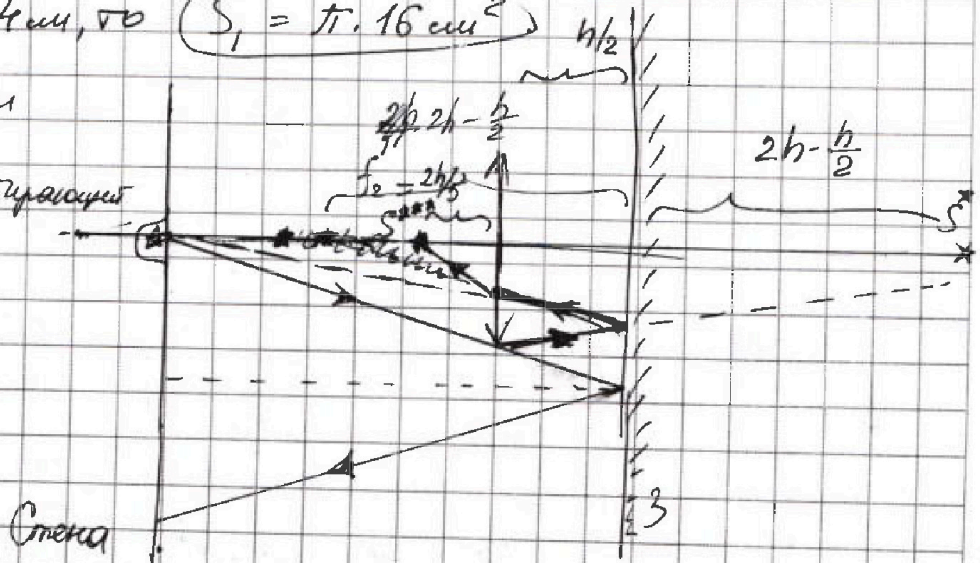
$$l_3 = l_2 + l_1 = \frac{3r}{4} + \frac{r}{2} = \frac{5r}{4}$$

→ радиус внутренней освещенной площади на зеркале

$$\begin{aligned} S_1 &= \pi l_3^2 - \pi l_2^2 = \pi \cdot \left(\left(\frac{5r}{4} \right)^2 - \left(\frac{3r}{4} \right)^2 \right) = \\ &= \pi \left(\frac{5r}{4} - \frac{3r}{4} \right) \left(\frac{5r}{4} + \frac{3r}{4} \right) = \pi \cdot \frac{r}{2} \cdot 2r = \pi r^2 \end{aligned}$$

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

бесконечно симметрично
отн-но зеркалу
для линии симметрии
шар



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.



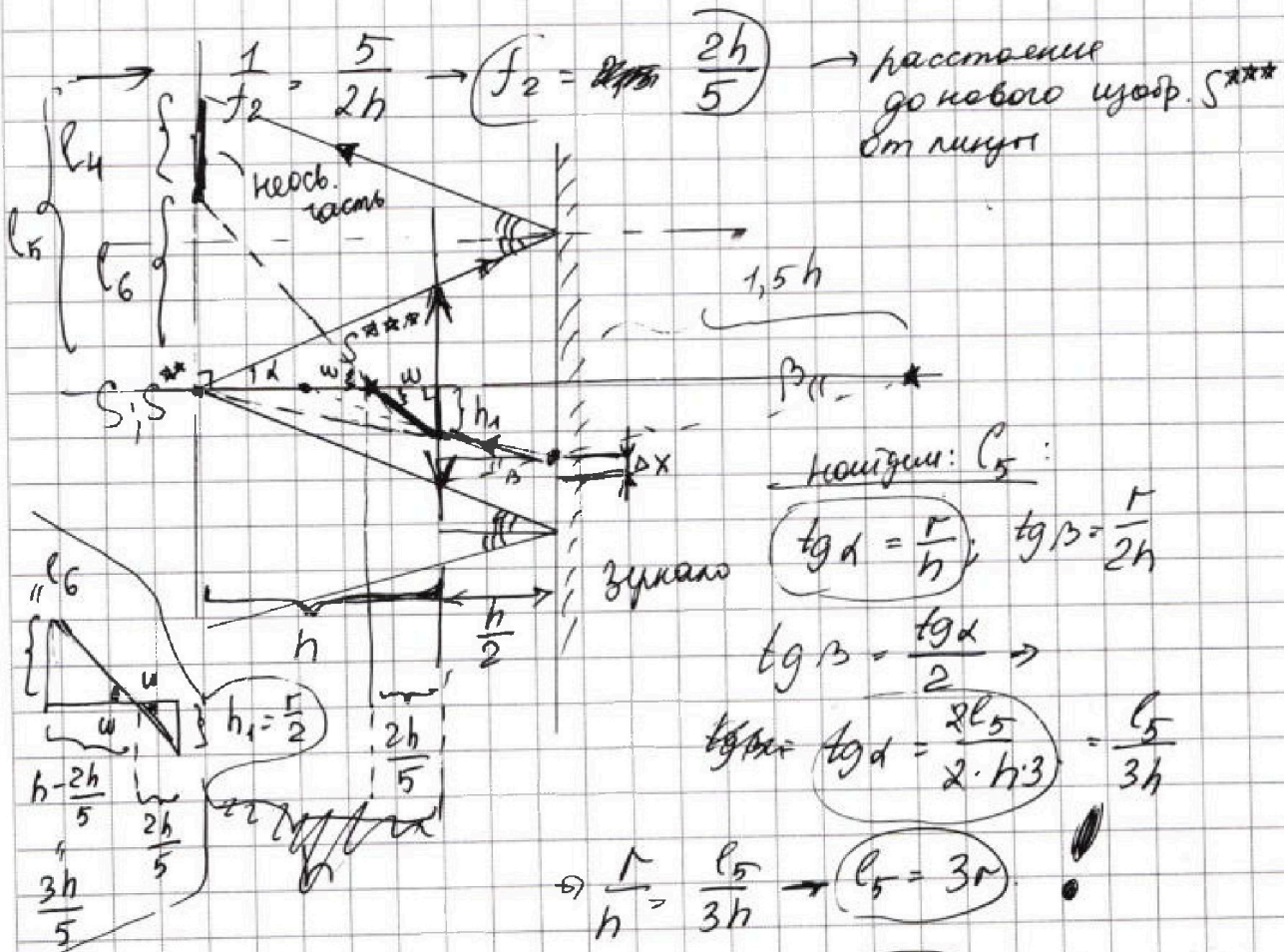
1 2 3 4 5 6 7

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 коэффициент S^{**} равномерно ~~растет~~ сокращается
нулем, то S^{**} ищем, \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 .

$$\text{tg } \beta = \frac{\Delta X \cdot 2}{h} = \frac{r}{2h} \Rightarrow \Delta X = \frac{r}{4} \Rightarrow h = r - 2\Delta X \Rightarrow$$

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

Из подобия Δ следует, что $\text{tg } \omega = \frac{h_1}{2h/5} = \frac{l_6}{3h/5} = h - \frac{2h}{5}$

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

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

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



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!

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

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

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

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

$$V = 12V_0, \text{ то } Q = 0.$$

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

$$\begin{array}{r} -144 \cdot \frac{3}{24} \\ \frac{12}{24} \end{array} \quad \begin{array}{r} 48 \\ + \frac{2}{96} \end{array} \quad \begin{array}{r} 20 \\ - \frac{12}{12} \end{array} \quad \begin{array}{r} 144 \\ + \frac{96}{96} \end{array}$$

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

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

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

$$-200 + 400 - 168$$

$$= \frac{400 - 368}{32} \cdot \frac{2}{V_0} \cdot V_0$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{12}{24} = 36$$

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

$$\frac{68}{6} \cdot \frac{2}{34} = \frac{34}{2} \cdot \frac{2}{17}$$

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

→ при $T = T_{\max}$ функция

составим

$$kQ - g_{\text{нов}} \cdot k + g_{\text{нов}} \cdot k + \frac{R}{k} \cdot \frac{1}{k} = \text{const} = \frac{kQ}{k} = Q$$

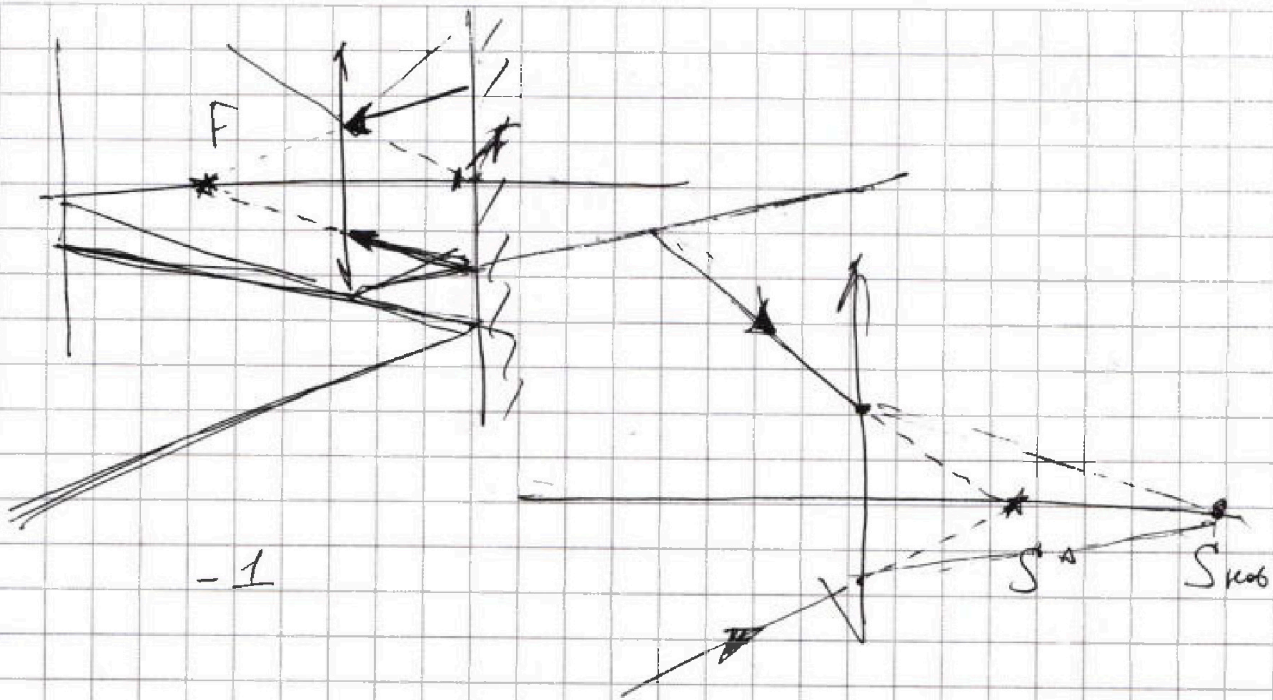


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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





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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

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

$$Q_{1A} = 24 \rho_0 V_0; \quad Q_{1A} = Q_{11}$$

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

$$\begin{array}{r} 32 \\ -24 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$Q_{11} \quad Q_{1A} = 32 \rho_0 V_0;$$

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

$$\rightarrow Q_{23} = Q_{23} (6V_0)$$

$$Q_{23}(6V_0) = -\frac{2}{8} \rho_0 \cdot 6V_0 \cdot 6V_0 \quad \text{is}$$

$$-\frac{2}{8} \frac{\rho_0}{V_0} \cdot 36 V_0^2 - 144 \rho_0 V_0 + 20 \cdot 6 \rho_0 V_0 =$$

$$= 120 - 144 - 24 = -48 \rho_0 V_0$$

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

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

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \cdot 6V_0 (10\rho_0 - 6\rho_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4\rho_0 = 36 \rho_0 V_0$$

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

$$\eta_{\Sigma} = Q_H = Q_{1A} + Q_{31}$$

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

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



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!

$\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 34 \\ \hline m \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 18 \\ 3 \\ \hline 54 \text{ неподвижна} \end{array}$
 $a_1 = \frac{5g}{17}$; $a_2 = \frac{g}{4}$; $\frac{8g}{24}$

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

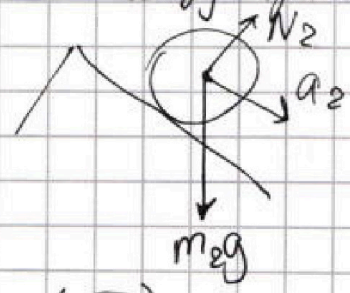
$23H$ где μ — коэффициент трения : $ma_1 = mgsin\alpha_1 - F_{mp1}$
 $F_{mp} = \mu \cdot N_1$
 $N_1 = mg \cos \alpha_1$
 кинн неподвижна.
 \Rightarrow кинн = ИСО.

$Q = 0 \Rightarrow V = 6 \text{ V}$
 $-2p_0 \cdot 36V_0^R + 40p_0 \cdot 6V_0 - 168p_0V_0$
 $-72p_0V_0 + 240p_0V_0 - 168$
 $F_{mp1} = mgsin\alpha_1 - ma_1 = m(gsin\alpha_1 - a_1)$

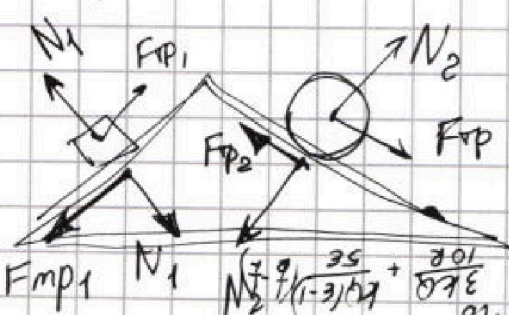
$\begin{array}{r} -240 \\ 72 \\ \hline 168 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$

1) $F_{mp1} = mg \cdot \left(\frac{51 - 25}{85} \right) = mg \cdot \frac{26}{85}$

Движение без трения (для шара)
 Ввиду того что сила трения покоя



Кинн, тогда кинн как если бы блок,
 \Rightarrow силы скомпенсированы



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

$\begin{array}{r} \times 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$

$\begin{array}{r} \times 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array}$
 $\begin{array}{r} \times 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$

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!



$\frac{3}{8} \cdot 16p = 24$
 48
 $\frac{16}{20}$
 $\frac{30}{40}$
 $\frac{30}{40}$

$\frac{gm}{4} + \frac{24 p_0 V}{40}$
 $\frac{16}{40} \times 3$
 $\frac{96}{40}$
 $\frac{96}{40}$
 $\frac{36 p_0}{16}$
 $\frac{96}{18}$
 $\frac{96}{78}$

$N_2 = mg \cdot \frac{g}{4} \cdot \cos d_2$
 $N_1 = mg \cos d_1$

по координатам:

$- F_{mp1} \cdot \cos d_1 + N_1 \cdot \cos(90 - d_1) - N_2 \cdot \cos(90 - d_2) - F_{mp2} \cdot \cos d_2 +$
 $+ F_{mp.nok} = 0.$

ΔU_{12}
 $\frac{18}{96}$
 $\frac{18}{270}$
 $\frac{18}{96}$
 $\frac{18}{270}$
 $\frac{85}{425}$
 $\frac{425}{175}$
 $\frac{26}{104}$
 $\frac{26}{104}$

$\frac{P}{p_0} = - \frac{V}{V_0} + 16$
 $y = kx + b$
 $k = \frac{6}{6}$
 $\frac{P}{p_0} = 16 - \frac{V}{V_0} = P(V)$

$C_V dT = C_V V dT + p dV$
 $dT = \frac{p dV + p_0 dV}{C_V}$
 $Q = \frac{3}{2} V R \Delta T + p dV$
 $Q = \frac{3}{2} V R dT + p dV$
 $Q = \frac{3}{2} V R (T^* - T_1) + 16 p_0 dV - \frac{V dV}{V_0}$
 $Q = \frac{3}{2} V R (T^* - T_1) + 16 p_0 (V - V_0) - \frac{1}{2} (V^2 - V_0^2)$