



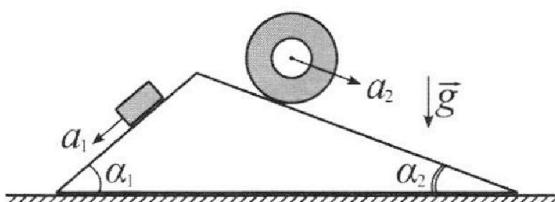
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



## Вариант 11-01

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

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (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.

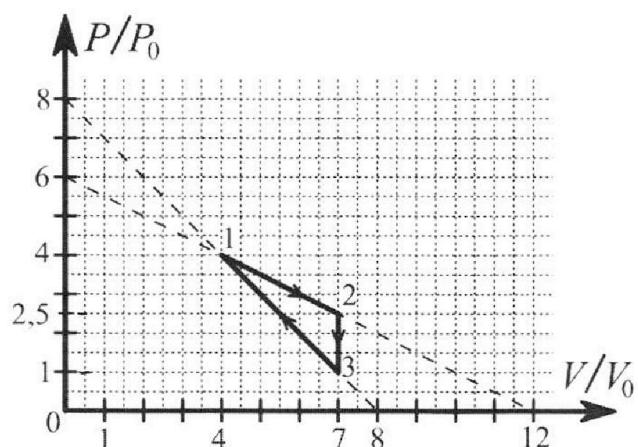


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

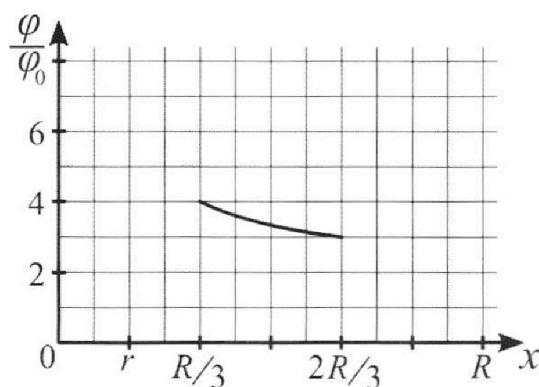
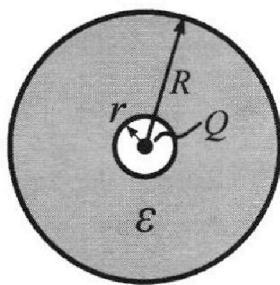
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





# Олимпиада «Физтех» по физике,

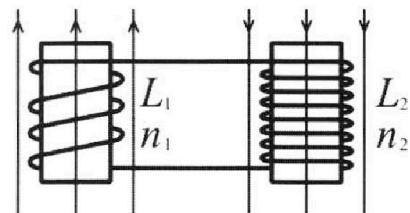
февраль 2024



## Вариант 11-01

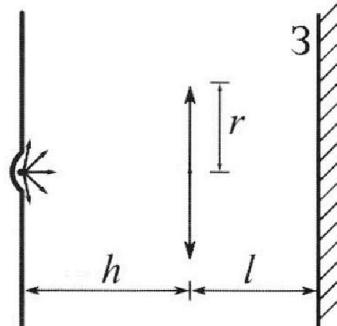
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  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  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

Ответы дайте в [см<sup>2</sup>] 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

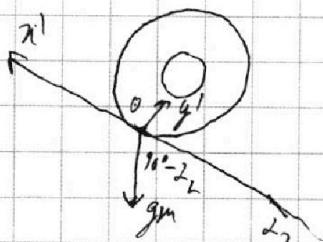
5

6

7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!



$Oy'$  и  $On'$ .  $Ox'$  параллельно  
стороне катка с углом  $\angle_2$ , а  
 $Oy' \perp On'$

$$\text{для } -ma_2 = +F_{Tn} - mg \sin \angle_2$$

$$Oy' = 0 = N - mg \cos \angle_2$$

$$ma_2 - mg \sin \angle_2 = -\frac{F_{Tn}}{2}$$

$$F_{Tn} = -m \cdot \frac{5g}{24} + mg \cdot \frac{5}{24} \cdot 2$$

$$F_{Tn} = \frac{(24-13) \cdot 5g \cdot 2 \cdot m}{24 \cdot 13} F_2 = \frac{55g}{156} m$$

$F_{Tn}$  м.н. из  
рассуждений,  
что будем только  
пользоваться  
~~и~~ будем

$$\text{Ответ: } F_1 = \frac{14}{15} gm, \quad F_2 = \frac{55g}{156} m$$



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

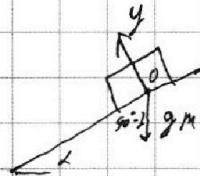
- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------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

СТРАНИЦА  
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!

III.н. Кирпич не движется. Это значит, что можно отдельно рассматривать бруски.

Дано: кирпич скользит бруском



Свёдим оси Ох и Оу

Они параллельны сторонам кирпича  
сумой  $\alpha_1$  и  $Oy \perp Oy$ .

$$Ox: -ma_1 = -mg \sin \theta + F_{Tn}$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \theta$$

$$F_{Tn} = \mu N$$

$$F_{Tn} = mg \sin \theta - m \frac{5g}{13}$$

$$F_{Tn} = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{5}{13}$$

$$F_{Tn} = mg \cdot \frac{39-25}{73 \cdot 5} \quad F_{Tn} = mg \cdot \frac{14}{65} \Rightarrow F = \frac{14}{65} mg$$

У цилиндра другая ситуация. Здесь сила тяжести помогает ускорению

III.н. ~~поскольку~~ ~~тогда~~ цилиндр движется

~~в обратную сторону~~ ~~н.е.~~ ~~вверх~~, а ~~затем~~ ~~сдела~~ ~~перене~~ ~~направлено~~ ~~вниз~~.

Потому свёдим ~~также~~ оси



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

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!

Введём обозначения  $T_1, T_2, T_3$  - температуры в соответствующих состояниях,  $p_1, p_2, p_3$  - давления в соответствующих состояниях и  $V_1, V_2, V_3$  - объёмы в соответствующих состояниях.

П.н. из графика прошел 2-3 изотермический, то

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} VR (T_3 - T_2)$$

$\checkmark$ -качество вещества  
для процеса 2-3

$\Delta U_{23}$  - изменение внутренней энергии. Работу мы посчитали через площадь фигуры, занимаемой линией процессов. Покажем п.н. 2-3-изотермический, что  $A_{23} = \frac{1}{2} \Delta p_{2-3} \cdot \Delta V_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot 3,5 p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$

$A_{23}$  - работа за цикл.

Из графика Менделеев-Капелюхова для состояний 2 и 3

$$p_2 V_2 = VRT_2 \text{ и } p_3 V_3 = VRT_3 \Rightarrow T_3 - T_2 = \frac{p_3 V_3 - p_2 V_2}{VR}$$

Значит  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2)$  Построим зонд на из графика  $\Delta U = \frac{3}{2} (p_0 \cdot 7V_0 - 3,5p_0 \cdot 7V_0) = -\frac{9}{4} p_0 \cdot 7V_0$ .

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"/> |

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!

При этом величина для вопроса 1 будет равна

$$f = \frac{10|U_{23}|}{A_3} = \frac{1 - \frac{9}{4}p_0 \cdot 7V_0}{\frac{9}{4}p_0 V_0} = 7$$

Теперь из графика найдём формулу зависимости  $V_p$  от  $P$  для процесса 1-2.

Это будет линейная функция вида

$$\boxed{V = 12V_0 - 2 \frac{P}{p_0} V_0} \quad (\text{проходит через точки } (0; 12V_0) \text{ и } (12V_0; 0))$$

Подставим в уравнение метода Капенюка

$$PV = \sqrt{RT} \Rightarrow (12V_0 - 2 \frac{P}{p_0} V_0)P = \sqrt{RT}$$

$$12V_0 P - 2 \frac{V_0}{p_0} P^2 = \sqrt{RT}$$

Это парабола для  $T(P)$  с вершиной выше (коэффициент перед  $P^2$  меньше 0), а значит максимум будет в

ее вершине. Поэтому  $p_f = \frac{-b}{2a} = \frac{-12V_0}{-4 \cdot \frac{V_0}{p_0}} = 3p_0$

$$b = 12V_0 \quad a = -2 \frac{V_0}{p_0} \quad \text{из стандартного вида } y = ax^2 + bx + c$$

При этом получаем  $p_f = 3p_0$ ,  $V_f = 6V_0$  и из определения уравнений идеальных газов для нашей получим

$$\text{составим 1 получим } \frac{P_f V_f}{P_1 T_1} = \frac{V_f T_f}{V_1 T_1} \Rightarrow \frac{T_f}{T_1} = \frac{P_f V_f}{P_1 V_1}$$

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

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!

$$\frac{T_6}{T_1} = \frac{3P_0 \cdot 6V_0}{4P_0 \cdot 9V_0} = \frac{9}{8}$$

$T_6, P_6, V_6$  - параметры газа для максимальной температуры для 1-2.

Теперь найдём  $Q$  для каждого процесса.

П.н.  $T = \frac{pV}{VR}$  из уравнение Менделеева-Капеллона,

$$\text{то } \Delta U = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T = \frac{3}{2} VR \left( \frac{P_a V_a}{VR} - \frac{P_c V_c}{VR} \right) = \frac{3}{2} (P_a V_a - P_c V_c)$$

где  $\Delta U$  - двойк состояния и  $\Delta T$  - изменение

внутренней энергии. Тогда  $Q = \Delta U + A$ .

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (-16P_0 V_0 + 2,5 \cdot 7P_0 V_0) + 3V_0 \cdot \left( \frac{4P_0 + 2,5P_0}{2} \right) = \\ = \frac{3}{2} \cdot \frac{35 - 32}{2} \cdot P_0 V_0 + \frac{3 \cdot 73}{4} \cdot P_0 V_0 = 72P_0 V_0 \quad (A_2 - \text{изохорный процесс})$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = - \frac{63}{4} P_0 V_0 \quad (\text{изохорный})$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} (16P_0 V_0 - 7P_0 V_0) - 3V_0 \cdot \frac{(P_0 + 4P_0)}{2} = \\ = \frac{27}{2} P_0 V_0 - \frac{15}{2} P_0 V_0 = 6P_0 V_0$$

Тогда теплое получаемое в процессах 12 и 31

$$\text{Тогда } \eta = \frac{A_{12} \cdot 100\%}{Q_{12} + Q_{31}} = \frac{\frac{9}{8} P_0 V_0 \cdot 100\%}{6P_0 V_0 + 12P_0 V_0} = \frac{1}{8} \cdot 100\% = 12,5\%$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{10U_{23}}{A_2} = 7, \quad 2) \frac{T_6}{T_1} = \frac{9}{8}, \quad 3) \eta = 12,5\%$$



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

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

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

Сначала определим будем же  $\tau < \frac{R}{4}$ .

Пусть одна точка по оси absciss (x) будет радиуса  $a$ , тогда  $\tau = 2a$   $\frac{R}{3} = 4a$   
 $R = 12a \Rightarrow \frac{R}{4} = 3a > 2a = \tau \Rightarrow \frac{R}{4} > \tau$ .

Тогда представим диэлектрический шар с полостью, как две концентрические "сферы" радиусами  $R$  и  $\tau$ . Тогда же точки в *внешней* диэлектрике

$E_r = \frac{E}{\epsilon}$ , где  $E$ -поле, создаваемое зарядом, а  $E_r$ - действующее. Пусть диэлектрик создает поле  $E_g$ , тогда

$$|\bar{E} - \bar{E}_g| = |\bar{E}_r| \Rightarrow |\bar{E}| - |\bar{E}_g| = \frac{|\bar{E}|}{\epsilon} \Rightarrow |\bar{E}_g| = +\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} |\bar{E}|$$

И т.к. сфера эквивалентна заряду положенному в её центре, а в данной ситуации внешняя сфера не будет давать эффекта по её свойствам, то

$$E_g = \frac{kQ_2}{\delta^2} \text{ и т.к. } E = \frac{kQ}{\delta^2}, \text{ то т.к.}$$

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

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

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

за коррекцию где  $E$  было взято из центра  
& бесконечности, а где  $E_g$  из бесконечности  
в сферу, то

$$E_g = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} E \quad \text{и} \quad \frac{kQ_4}{r^2} = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} \frac{kQ}{r^2}$$

$$Q_4 = -\frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

И т.н. на бесконечности действие диэлектрика  
на него равно 0 (диэлектрик исчезает)  
ное электрическое поле внутри сферы

тогда  $0 = E_g + E_R$   $E_R$  <sup>внутреннее</sup>  $\rightarrow$  <sup>внешнее</sup> поле создаваемое сферой  
и на бесконечности.

Возьмем точку с  
 $r > R$ , тогда

Из  ~~свойств~~ свойства заряженной сферы

$$0 = \frac{kQR}{r^2} + \frac{Qek}{r^2} \Rightarrow Q_R = -Q_e = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

Потом из принципа суперпозиции помен-  
яуляем получим, что для  $n = \frac{R}{4}$

$$\varphi_n = \frac{kQ_4}{R} + \frac{kQ_{24}}{R} + \frac{kQR}{R}$$
 (принципиальные свойства  
заряженных сфер для расстояния  $r$  получим)



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

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

СТРАНИЦА  
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!

$$\varphi_x = \frac{kQ}{R} - q \cdot \frac{Q(\varepsilon-1)k}{\varepsilon R} + \frac{Q(\varepsilon-1)k}{\varepsilon R} = \\ = \frac{kQ}{R} - 3 \cdot \frac{(\varepsilon-1)}{\varepsilon} \cdot \frac{Qk}{R} = \frac{Qk}{R} \left( 1 - 3 \frac{(\varepsilon-1)}{\varepsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon+3}{\varepsilon}$$

$k$  - постоянная Кулонса     $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

Теперь найдём  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  для  $u = \frac{R}{3}$  и  $x = \frac{2R}{3}$  соответственно

$$\varphi_1 = \frac{3Qk}{R} - 3 \cdot \frac{Q(\varepsilon-1)k}{\varepsilon R} + \frac{Q(\varepsilon-1)k}{\varepsilon R} = \\ = \frac{Qk}{R} \cdot \left( 3 - 2 \frac{(\varepsilon-1)}{\varepsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon}$$

$$\varphi_2 = \frac{3Qk}{2R} - \frac{3}{2} \cdot \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} + \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} = \frac{Qk}{R} \left( \frac{3}{2} - \frac{3}{2} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \right) = \\ = \frac{Qk}{R} \cdot \left( \frac{3\varepsilon-3+1}{\varepsilon} \right) = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{3\varepsilon+1}{2\varepsilon}$$

У м.н.  $\frac{\varphi_1}{\varphi_0} = 4$      $\frac{\varphi_2}{\varphi_0} = 3$ , но

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon}}{\frac{Qk}{R} \cdot \frac{3\varepsilon+1}{2\varepsilon}} = \frac{2\varepsilon+4}{3\varepsilon+1} = \frac{4}{3} \Rightarrow 6\varepsilon+12 = 12\varepsilon+4$$

$$6\varepsilon = 8 \quad \varepsilon = \frac{4}{3}$$

Ответ: 1)  $\varphi_1 = \frac{Qk}{R} \cdot \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon}$     2)  $\varepsilon = \frac{4}{3}$



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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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

Используя правило Ленца и правой руки мы выясняем, что увеличение левого и правого катушек магнитных полей (здесь 1 и 2 соотвественно) создает ЭДС в рамках направлений. Поэтому общий ЭДС индукции цепи будет равен  $E_{\text{общ}} = \frac{d\Phi_1}{dt} - \frac{d\Phi_2}{dt}$  (будем за положительного током направление будем ЭДС индукции 1 катушки)

У.т.н. ЭДС самоиндукции не зависят ни от  $I_{\text{общ}}$ , кроме того, что

$$E_{\text{сам}} = -L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = -(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = -5L \frac{dI}{dt}$$

$E_{\text{общ}} - \text{ЭДС индукции } E_{\text{сам}} - \text{ЭДС самоиндукции.}$

Тогда из 2-х уравнений одна из которых получаем

$$E_{\text{общ}} + E_{\text{сам}} = I \cdot 0 \Rightarrow \frac{d\Phi_1 + d\Phi_2}{dt} = 5L \frac{dI}{dt}$$

Тогда найдём  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$



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!

Из катушек и правило правой руки и ленчу можно сделать вывод, что поле магнитные будут создавать токи в <sup>одинаковые</sup> ~~разные~~ стороны. Это значит, что если поле левой катушки создаёт положительный  $\mathcal{E}ДС$ , то  $\mathcal{E}_{\text{шун}} = \frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt}$



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

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

$$\Phi_1 = B_1 S_{n_1} \quad \Phi_2 = B_2 S_{n_2} \text{ и т.д.}$$

$$S = \text{const} \quad \text{и} \quad n = \text{const}, m_0$$

$$d\Phi_1 = (dB_1) S_{n_1} \quad d\Phi_2 = S_{n_2} dB_2$$

( $B_1$  и  $B_2$  - модули векторов индукций левого и правого полюса соответственно)

Две первые случаи

$$d\Phi_2 = 0 \quad d\Phi_1 = L dt \cdot S_{n_1}$$

$$-\frac{d\Phi_2}{dt} + \frac{d\Phi_1}{dt} = 5L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{L dt \cdot S_{n_1}}{5L dt} = \frac{L S_{n_1}}{5L}$$

Две различные правила тоже корректируются

Случай 2

$$-\frac{d\Phi_2}{dt} + \frac{d\Phi_1}{dt} = 5L \frac{dI}{dt} \Rightarrow d\Phi_1 - d\Phi_2 = 5L dI$$

Продолжаем просуммировать получаем

$$(\Phi_{1K} - \Phi_{1H}) - (\Phi_{2K} - \Phi_{2H}) = 5L(I_K - I_H)$$

$K$ -консервативное состояние  $H$ -нагревное состояние

$$S_n(B_{1K} - B_{1H}) - 2S_n(B_{2K} - B_{2H}) = 5L(I_K - I_H)$$

$$S_n \left( \frac{B_0}{2} - B_0 \right) - 2S_n \left( \frac{2B_0}{3} - 2B_0 \right) = 5L I_K \quad (I_H = 0)$$



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  
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!

$$-\frac{S_n B_0}{2} + \frac{8 S_n B_0}{3} = 5 L I_K$$

$$\frac{(16-3) S_n B_0}{30 L} = I_K$$

$$I_K = \frac{13 S_n B_0}{30 L}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{dI}{dt} = \frac{L S_n}{5 L} \quad 2) I = \frac{13 S_n B_0}{30 L}$$



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.

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

СТРАНИЦА  
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!

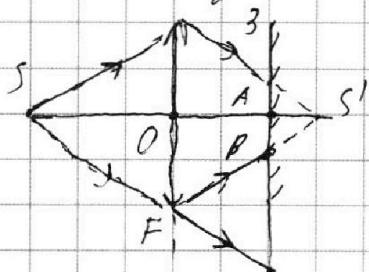
П.н. по условиям источников света находятся в звёздах фокусе линзы, то его изображение будет тоже находиться в звёздах фокусе и будет действительным.

т.е. изображение будет на расстоянии

$$l_1 = 2F - l = h - h \cdot \frac{2}{3} = \frac{h}{3}$$

Покажем это будем не увеличенными и не уменьшенными. А т.н. источники лежат на линии оптической оси, то и его изображение будет и на ней

Получаем рисунок (S-источник, S'-изображение)



Получаем, что в точке F

(условие приложимо b) между  
(условие приложимо b) между

B и пойдёт прямь в C

т.е. односто BC будет не овещена, а  
тв будет. Найдём длину тв и тс, чтобы  
получить новую фигуру односто.



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!

$\triangle SOF \sim \triangle SAC$  по двум углам

$\angle SOF = \angle STC = 90^\circ$ ,  $\angle CSA$  - общий

$$\frac{SO}{SA} = \frac{OF}{AC} \Rightarrow \frac{h}{h+l} = \frac{\gamma}{AC} \quad AC = \frac{5h}{h-\gamma}$$

$$AC = \frac{5}{3}\gamma \quad AC = \frac{5}{3} \cdot 3 \text{ см} = 5 \text{ см}$$

$\triangle S'AB \sim \triangle S'OF$  по двум углам

$\angle S'OF = \angle S'AB = 90^\circ$ ,  $\angle FS'O$  - общий

$$\frac{S'A}{S'O} = \frac{AB}{OF} \Rightarrow \frac{l_1}{h} = \frac{AB}{\gamma} \Rightarrow AB = \gamma \cdot \frac{l_1}{h}$$

$$AB = \frac{1}{3}\gamma \quad AB = \frac{1}{3} \cdot 3 \text{ см} = 1 \text{ см}$$

Тогда площадь неосвещённой части зеркала-  
мишади это разность кругов с радиусами  $AC$  и  $AB$

$$S_{H3} = S_{AC} - S_{AB} = \pi AC^2 - \pi AB^2 = \pi (AC^2 - AB^2) = \\ = \pi \cdot \left( \frac{5}{3}\gamma + \frac{1}{3}\gamma \right) \left( \frac{5}{3}\gamma - \frac{1}{3}\gamma \right) = \pi \cdot 2\gamma \cdot \frac{4\gamma}{3} = \frac{8\pi\gamma^2}{3} =$$

$$\text{т.к. } S_{H3} = \frac{8\pi \cdot 9\pi^2}{3} = 24\pi \text{ см}^2$$

Теперь рассмотрим стекло. На ней будет падать свет, отраженный  
от зеркала.



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

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

СТРАНИЦА  
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!

Само зеркало создает изображение, лежащее на него изображение  $S$  на расстоянии  $l_1$ , с другой стороны. Обозначим его за  $R$ . Такое же оно отразит чужой изображение  $S'$ .

П.н.  $R$  расположено на расстоянии  $l_2$ , от зеркала в сторону изображения  $S'$  (из зеркальной отраженности), то

$$l_2 = l - l_1 = \frac{2h}{3} - \frac{h}{3} = \frac{h}{3} \quad (\text{расстояние } l_2 - \text{ от зеркала до } R)$$

Пусть  $l_3$ -расстояние от зеркала до изображения  $S'$ . Тогда из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{l_3} = \frac{2}{h} - \frac{3}{h} \Rightarrow l_3 = -h \text{ н.е.}$$

Про изображение никакое, но его краевые лучи все равно падают на зеркало, а значит получали первыми две попутные отбессыкой обнаружили  $R'$ - изображение

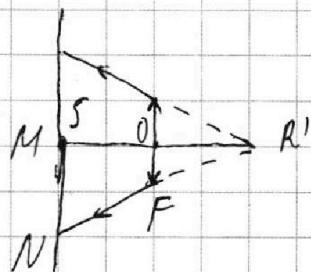


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
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!



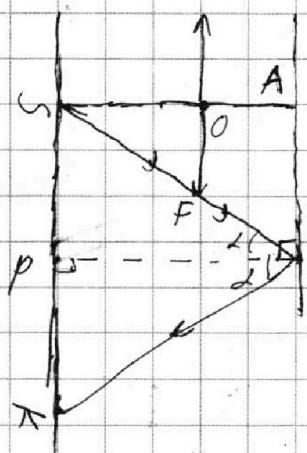
$\triangle R'OF \sim \triangle R'MN$  по двум

углам  $\angle R'OF = \angle R'MN = 90^\circ$   
 $\angle NR'M$  - общий

$$\frac{R'O}{R'M} = \frac{OF}{MN} \quad MN = 2 \cdot \left( \frac{|l_3|}{|l_3| + h} \right)^{-1}$$

$$MN = 2 \cdot \frac{2h}{h} = 4 \quad MN = 2 \cdot 3 \text{ см} = 6 \text{ см}$$

Теперь смотрим, отразившийся в с



Изображение геометрической оптики угол падения равен

углу отражения и.е.

$\triangle SCP \sim \triangle KCP$  по двум углам

настороне  $\angle CSCP = \angle CKCP$  (по

правилам отражения)

$\angle KPC = \angle SPC = 90^\circ$ , PC - общие

PC - перпендикуляр к SP, KPC, KCP, K и P.

$KC \parallel SP$  по условию, то  $CP \perp SP$ .

Можем показать, что  $\triangle SCP \sim \triangle CSA$



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

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

СТРАНИЦА  
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!

по двум узлам и по углу и гипотенузе

$SC$ -одна из  $\angle SCP = \angle CSA$  (параллел

перпендикульра  $SA \parallel PC$  и секущей  $SC$ )

Тогда  $PK = SP = AC \Rightarrow SK = 2AC = \frac{10\pi}{3}$

такжеично получаем неостановленной  
гипотенузы

$$S_{HC} = \pi SK^2 - \pi MN^2 = \pi \left(\left(\frac{10\pi}{3}\right)^2 - (2\pi)^2\right)$$

$$\begin{aligned} S_{HC} &= \pi \cdot \left(\left(\frac{10\cdot 3\pi}{3}\right)^2 - (2\cdot 3\pi)^2\right) = \pi \cdot (100\pi^2 - 36\pi^2) = \\ &= 98\pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $24\pi \text{ см}^2$  2)  $98\pi \text{ см}^2$



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.

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

СТРАНИЦА  
ИЗ

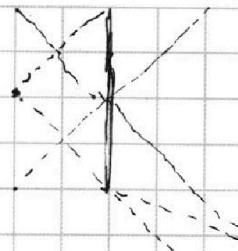
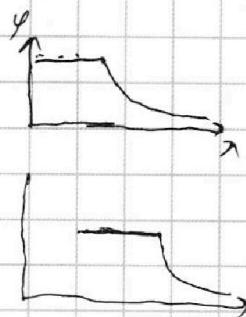
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

N3

$$\varphi_2 = \frac{Q h}{R}$$

$$\varphi_x = \frac{Q h}{R} + \frac{h(\epsilon-1)Q}{2\epsilon}$$

$$\varphi_R = \frac{Q h}{R} + \frac{h(\epsilon-1)Q}{R} + -h(\epsilon-1)Q$$



$$\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$\frac{E_g}{\epsilon_0} = \frac{E}{\epsilon}$$

$$\epsilon(E - E_g) = E$$

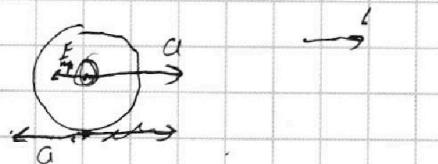
$$\frac{\epsilon(E - E_g)}{\epsilon} = E_g$$

$$Q_g = \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Q$$

$$\frac{Q_1}{R^2} + \frac{Q_2}{R^2} = 0$$

$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2$$



$$r = 2 \text{ m} \quad \frac{R}{3} = 4 \text{ m}$$

$$M = 2 \text{ H} \quad \frac{R}{B} = 12 \text{ m}$$

$$\frac{L}{4} = 3 \text{ m}$$

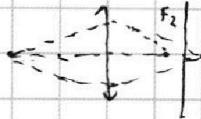
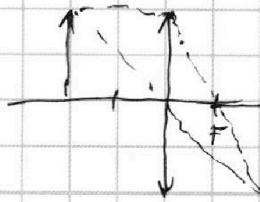
N4



$$\frac{d\varphi_1}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} + \frac{d\varphi_2}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{d\varphi_2}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

N5



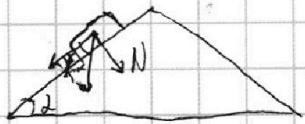
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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!



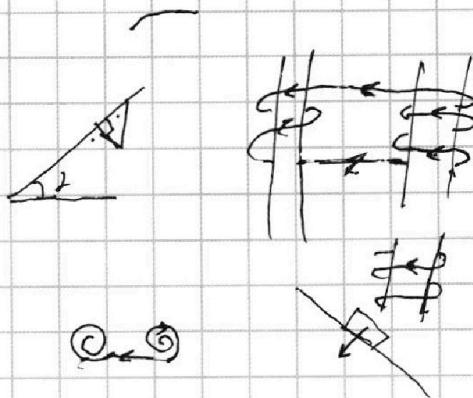
$$a_1 = g \sin \theta_1 - a_{\text{тр}}$$

$$\frac{5^2}{7^3} = g \cdot \frac{3}{5} - a_{\text{тр}}$$

$$a_{\text{тр}} = \frac{39g - 25g}{73 \cdot 5}$$

$$a_{\text{тр}} = \frac{14g}{73 \cdot 5}$$

$$N_1 = m g \cos \theta_1 = m g \cdot \frac{9}{5}$$



$$N_2 = 4m \cdot g \cdot \cos \theta_2$$

$$N_2 = 4m \cdot g \cdot \frac{12}{73}$$



$N_2$

$$sQ = 4T + 6p_0 V_0$$

$$A_p = \frac{3V_0}{2} \quad \frac{0.3 \cdot 0.15}{2} = \frac{9}{4} = 2.25 p_0 V_0$$

$$\frac{9}{8} + \frac{39}{4} = \frac{98}{8} = 12$$

$$\frac{18}{76} = \frac{9}{42} = \frac{9}{8}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} \alpha p V = \frac{3}{2} \cdot 7 V_0 \cdot 35 p_0 = \frac{9}{4} V_0 p_0 \cdot 7$$

$$\frac{\Delta U}{A_p} = 7$$

$$V = 2(6 - p_0) \Rightarrow V = 12V_0 - 6V_0 p_0$$

$$pV = VRT$$

$$p \cdot (12V_0 - 6V_0 \frac{p}{p_0}) = VRT$$

$$-\frac{p^2}{p_0} \cdot 6V_0 + 12V_0 p = 0$$

$$p_4 = -\frac{6}{2a} = \frac{-12V_0}{-12V_0} = p_0$$

$$\sigma =$$

$$\frac{T_6}{76} = \frac{35}{32} \Rightarrow T_1 < T_2$$

$$T_2 = \frac{35}{32} T_1$$

$$T_3 = \frac{14}{32} = \frac{7}{8} T_1$$

$$VR \frac{7}{8} T_1 = 4 T_1$$



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.

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!