



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

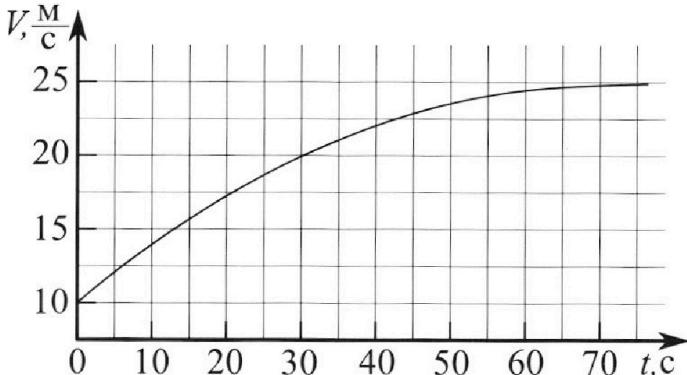
## Вариант 11-01



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?



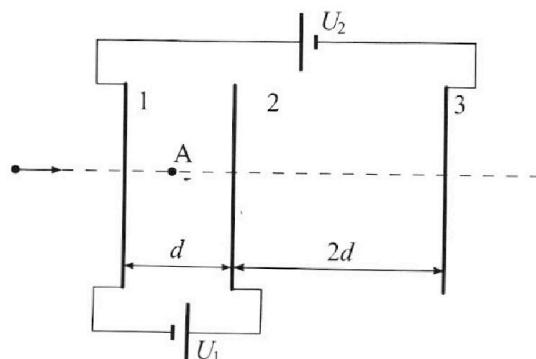
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p w$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{АТМ}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023  
Вариант 11-01**

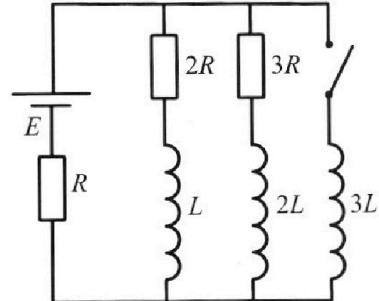


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

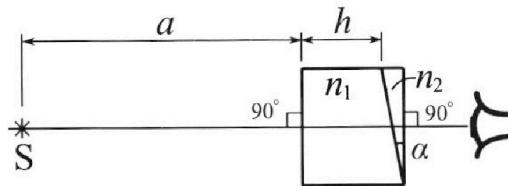
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 194$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



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

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### Задача 1

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$V_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

$$P_s - ?$$

Из условия можно считать  $\vec{F}_c = -k \vec{v}$

$$\vec{F}_x = -k v_x$$

В конце разгона скорость тела изменилась и  
из условия было  $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , получившись  
что тело раз憾а сине сопротивлением  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow F_k = k V_k \Rightarrow k = \frac{F_k}{V_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$$

Ускорение - второе производное от координаты и  
первое производное от скорости по времени  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  Далее ускорение к каждой точке это

всегда наклоняется вправо вдаль от центра.

Дана  $V_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  участок от 25с до 30с можно

считать прямой, а следовательно начальное сопротивление

с этой прямой и идет наискосок по наклону наклона

$$a_2 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{25,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 18,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \text{с}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ - отъём на первый вопрос}$$

При  $V_1$  заменил II з. Имеем:  $F_{\text{нз}} - k V_1 = m a_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_2 = k V_2 + m a_2 = 20 \frac{\text{Н}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 1800 \text{ кг} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 850 \text{ Н}$$

Ответ на 2-й вопрос

4/11



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

По определению  $P = \frac{dA}{dt} = \frac{d(F \cdot S)}{dt}$ , при малых  $dt$  можно считать  $F = \text{const} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P = \frac{d(FS)}{dt} = \frac{FdS}{dt} = FS \omega \Rightarrow P_1 = F_1 \omega_1 = 850 \text{Н} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 17 \text{kBT}$$

Ответы: 1)  $\alpha_1 = 0,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

2)  $F_1 = 850 \text{Н}$

3)  $P_1 = 17 \text{kBT}$

5/11



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

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

**МФТИ**

### Задача 2/

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373\text{ K}$$

$$V_{k0} = \frac{V}{4}$$

$$V_k = \frac{V}{5}$$

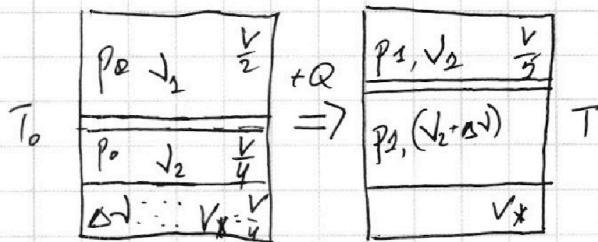
$$\Delta V = k \rho \Delta V$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \text{Pa}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ дж/моль}$$

$$\frac{V_1}{V_2} - ?$$

$$P_0 - ?$$



Установка изображена на рисунке  
в начале и конце цикла изображены  
то же самое, то есть можно считать, что  
в любой момент времени давление

и температура одинаковы  $\Rightarrow$

Задача у-е Кандисева - Капитюка:

$$\begin{aligned} P_0 \frac{V}{2} &= V_1 RT_0 \\ P_0 \frac{V}{4} &= V_2 RT_0 \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= 2 \text{ - объем на 2-й вопрос} \\ \frac{V}{4} &= V_2 \end{aligned} \right. \quad \text{последний вопрос на другие}$$

две у-е парового газа:

$$P_2 \frac{V}{3} = V_2 RT$$

$$P_2 \left( V - V_k - \frac{V}{5} \right) = (V_2 + \Delta V) RT = P_2 \cdot \frac{11}{20} V \quad \left. \begin{aligned} &\text{данные 2 идентичны} \\ &\text{и 1} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{11/20 V}{V/5} = \frac{V_2 + \Delta V}{V_2} = \frac{1}{2} + \frac{\Delta V}{V_2} = \frac{11}{4} \Rightarrow \frac{\Delta V}{2V_2} = \frac{9}{4} \Rightarrow \Delta V = \frac{9}{2} V_2$$

$$T_0 \rightarrow \frac{5}{4} T_0 ; \frac{V}{2} \rightarrow \frac{V}{5} ; V_2 = \text{const} \Rightarrow P_2 = \frac{25}{8} P_0$$

10/11



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Найти давление которое можно создавать  $\sqrt{2}$

$$P_0 \frac{V}{4} = \sqrt{2} RT_0 \quad \left. \begin{array}{l} \\ P_0 \frac{11}{20} V = \sqrt{2} RT_0 \cdot \frac{9}{4} \end{array} \right\} \frac{P}{P_0} \cdot \frac{11}{5} = \frac{5}{4} \Rightarrow P = P_0 \cdot \frac{25}{44}$$

$$\Rightarrow \text{По Закону Бойля-Мариотта } P_1 = P_0 - P = \frac{25}{8} P_0 - \frac{25}{44} P_0 = \frac{225}{88} P_0$$

$$\Delta V = k P_0 W = P_0 \cdot \frac{V}{4} k$$

~~$P_0 \frac{V}{4} = \Delta V \quad P_0 \frac{V}{20} = T \cdot \frac{5}{4} 10^{-3} K \Rightarrow T = 100^\circ C,$~~

~~запасная вода преведет в пар  $\Rightarrow$  дальнейшее нормальное  
существование водяного пара будет только давлением  
надваженного парка.~~

$$\Delta V = P_0 k W = k P_0 \frac{V}{4} = \frac{k}{4} \cancel{RT} = \frac{1}{4} \Rightarrow \Delta V = \frac{1}{4} \text{ м}^3$$

11/11



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### Задача 3/

$$U_1 = 6$$

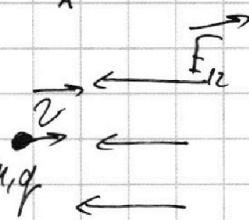
$$U_2 = 4U$$

$$M, q, V_0, d$$

$$|a_{12}| - ?$$

$$K_1 - K_2 - ?$$

$$V_A - ?$$



$$m, g$$

Напряженность (регулируемая) между  
классами 1 и 2 - остается постоянной,  
так как нет в этой области классов  
которые могут создавать поле.

Это поле (регулируемое) управляет  
6 областей между 1 и 2 классами от

2 классов к первому и третьему

$$E_{12}d = U_1 \Rightarrow E_{12} = \frac{U_1}{d} = \frac{U}{d}$$

Учебе задачи II 3. Использовано для решения 1-2

$$m\vec{a} = \vec{F}_{21} = \vec{E}_{12}q \Rightarrow |a_{12}| = \frac{Eq}{m} = \frac{qU}{md} - \text{ответ на 3 вопрос}$$

$$\text{№ 3СД: } k_1 = k_2 + A \Rightarrow A = K_1 - K_2$$

Сила в области 1-2 остается постоянной  $\Rightarrow$

рабочую можно найти как произведение сила на передвижение.

$$A = F_{21} \cdot d = E_{12}qd = \frac{U}{d}qd = qU \Rightarrow K_1 - K_2 = qU \quad \text{ответ на 2-й вопрос}$$

для ответа на 3-й вопрос снова задача 3СД:

$$K_1 - K_A = A \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = \frac{U}{d}q \frac{d}{3} = \frac{qU}{3} \Rightarrow V_0^2 - V_A^2 = \frac{2}{3} \frac{qU}{m}$$

$$\text{Тогда } V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}} \quad \leftarrow \text{ответ на 3-й вопрос}$$

6/11



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача

Решение: 1)  $a = \frac{qU}{md}$ ,

2)  $k_1 - k_2 = qU$

3)  $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}}$

7/11

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|



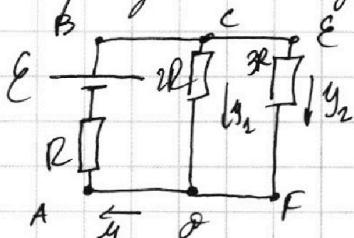
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### Задача 4

Расставим токи, пусть через  $2R - Y_1$ , через  $3R - Y_2$

При разомкнутом катушке и установленном релеце,

токи токи не текут, а значит катушки можно записать  
праводами. Находим эквивалентную схему:



Запишем первое правило Кирхгофа

$$\text{для узла } D: Y_o = Y_1 + Y_2 \quad (1)$$

Запишем второе правило Кирхгофа

для контуров ABCD и ABDF:

$$\begin{aligned} E &= Y_1 \cdot 2R + Y_o R \quad (2) \\ E &= Y_2 \cdot 3R + Y_o R \quad (3) \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} Y_1 \cdot 2R + Y_o R = Y_2 \cdot 3R + Y_o R \\ Y_1 = Y_2 \end{array} \right\}$$

$$Y_1 \cdot 2R = Y_2 \cdot 3R \Rightarrow Y_2 = \frac{2}{3} Y_1 \quad (4)$$

$$\text{Тогда } Y_o = Y_1 + Y_2 = Y_1 + \frac{2}{3} Y_1 = \frac{5}{3} Y_1$$

$$\text{Подставляем в (2) получаем: } E = Y_1 \cdot 2R + \frac{5}{3} Y_1 R = \frac{11}{3} Y_1 R$$

$$\text{Отсюда получаем ответ на первый вопрос: } Y_1 = \frac{3E}{11R}$$

Во второй замыкание катушек ток не уходит и получим

известные и тогда можно записать второе правило  
Кирхгофа для внешнего контура:  $E = Y_o R + U_{3L}$

$$E = Y_o R + U_{3L}$$

1/11



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

**МФТИ.**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$y_0 = \frac{5}{3} y_1 = \frac{5}{3} \cdot \frac{3E}{11R} = \frac{5E}{11R}$$

$$\text{И тогда } U_{g1} = E - y_0 R = E - \frac{5E}{11} = \frac{6E}{11}$$

В момент замыкания на эту катушке индуктивности  $3L$

будет напряжение  $\frac{6E}{11}$ , с другой стороны ток через

$$\text{нее начнёт возрастать} \Rightarrow E_L = \frac{6}{11}E \Rightarrow \frac{\Delta y_1}{\Delta t} = \frac{6}{11}E = 3L \frac{\Delta y_2}{\Delta t} = \frac{6}{11}E$$

$$\text{Очевидно } \Delta y_2 = \frac{\Delta y_1}{\Delta t} = \frac{2E}{11L} - \text{ ответ на второй вопрос}$$

для отвествия на третий вопрос найдем корректирующие токи,

которые будут в цепи при установленном решении.

При установленном  $\Rightarrow E_L = 0 \Rightarrow$  катушку  $3L$  - можно замкнуть

на первом  $\Rightarrow$  через катушки  $L$  и  $2L$  токи не будут

$\Rightarrow y_{1k} = y_{2k} = 0$ , все токи будут идти через катушку  $3L$

$$y_{3k} = \frac{E}{R}$$

Запишем второе правило Кирхгофа для катушки, соединенной

резистором  $2R$ , катушками  $L$  и  $3L$ .

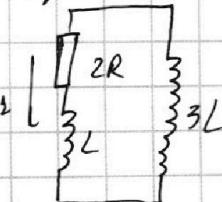
$$3L \frac{\Delta y_{3k}}{\Delta t} + L \frac{\Delta y_L}{\Delta t} = y_s \cdot 2R \quad | \cdot \Delta t$$

$$3L \Delta y_{3k} + L \Delta y_L = y_s \Delta t \cdot 2R, \quad y_s \Delta t = \Delta q_1$$

$$3L \Delta y_{3k} + L \Delta y_L = 2R \Delta q_1 \quad (5)$$

Продумавшись (5) от начального замыкания до уст. решения

2/11





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Получаем

$$3L(Y_{3L,K} - Y_{3L,0}) + L(Y_{L,K} - Y_{L,0}) = 2R(q_K - q_0)$$

Представляем  $Y_{3L,K} = \frac{E}{R}; Y_{3L,0} = 0$

$$Y_{L,K} = 0; Y_{L,0} = \frac{3E}{11R}$$

$$q_0 = 0; q_K = q - ?$$

Получаем  $3L \frac{E}{R} - L \cdot \frac{3E}{11R} = 2Rq$

$$\frac{30LE}{11R} = 2Rq \Rightarrow q = \frac{15LE}{11R^2} \text{ - ответ на правый вопрос}$$

Ответы: 1)  $Y_1 = \frac{3E}{11R}$

2)  $V_g = \frac{2E}{11L}$

3)  $q = \frac{15LE}{11R^2}$

3/11



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5)

$$1) n_1 = n_6 = 1,0 ; n_2 = 1,7$$

$$n_6 = 1,0$$

Так как  $n_3 = n_6$ , то приходящий с  $n_2$

$$\alpha = 19^\circ \text{ см}$$

может не учитываться так же будем

$$d = 0,1 \text{ рад}$$

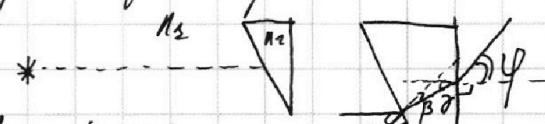
$$h = 9 \text{ см}$$

$$\varphi - ?$$

$$S_1 - ?$$

$$S_2 - ?$$

исходить преломление света угла  $\alpha$  с  $n_1$



Угол падение

угол  $\alpha$ , но изображение от угла соединено  
сплошными линиями

По формуле Снеллиуса:  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

$$\alpha - \text{const} \Rightarrow \sin \alpha \propto \alpha ; \sin \beta \propto \beta$$

$$n_1 \alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

Найдем новый угол падение  $\gamma$  в  $n_3$  геометрии:

$$\gamma = 90^\circ - (180^\circ - \alpha - (90^\circ - \beta)) = \alpha - \beta = \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) \alpha$$

Запишем еще раз ф. Снеллиуса:  $n_2 \sin \gamma = n_3 \sin \psi = n_1 \sin \alpha$

$$\gamma \text{ и } \psi - \text{const} \Rightarrow n_2 \gamma = n_3 \psi \Rightarrow \psi = \frac{n_2}{n_3} \gamma = \frac{n_2}{n_3} \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) \alpha$$

$$\psi = \left(\frac{n_2}{n_3} - 1\right) \alpha \leftarrow \text{ответ на первый вопрос}$$

$$\psi = 0,7 \text{ рад}$$

8/11

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

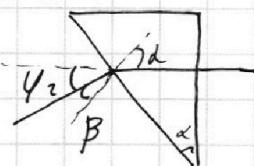
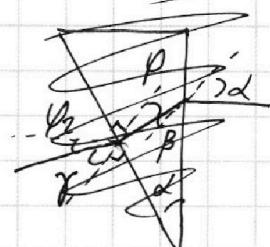
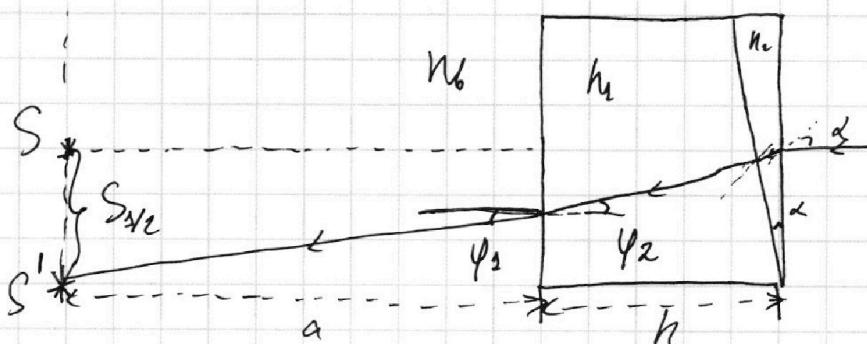
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано отверстие на краине 2 и 3 получим общую формулу  
которая будет зависеть от  $n_1$  и  $n_2$



$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha$$

$$\text{Из начертания: } \varphi_2 = d - \beta = \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha$$

$$n_3 \sin \varphi_2 = n_6 \sin \varphi_1 \Rightarrow \varphi_2 = \frac{n_6}{n_3} \varphi_1 = \frac{n_6}{n_3} \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha$$

Тогда  $S_{12} = a \operatorname{tg} \varphi_1 + h \operatorname{tg} \varphi_2$ , т.к.  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  - малы, то

$$\operatorname{tg} \varphi_1 \approx \varphi_1; \operatorname{tg} \varphi_2 \approx \varphi_2$$

$$S_{12} = \left(a \frac{n_1}{n_6} + h\right) \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha = \left(a \frac{n_1}{n_6} + h\right) \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha$$

для  $n_3 = n_6 = 1$ ;  $n_2 = 1,7$ :

$$|S_1| = (194 + 9) \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 205 \cdot 0,07 = 14,35 \text{ см}$$

для  $n_3 = 1,5$ ;  $n_2 = 1,7$

$$|S_2| = (194 \cdot 1,5 + 9) \cdot \frac{2}{15} \cdot 0,5 = (38,8 + 1,2) \cdot 0,1 = 4 \text{ см}$$

Ответы: 1) 0,7 рад

2)  $S_1 = 14,35 \text{ см}$

3)  $S_2 = 4 \text{ см}$

9/11



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

черновик

light, darkness

switch

q<sub>1</sub> q<sub>2</sub> q<sub>3</sub>

5U

2SE

q<sub>1</sub> + q<sub>2</sub> + q<sub>3</sub> = 0

q<sub>2</sub> + q<sub>3</sub> - q<sub>1</sub> · d = U

F<sub>1</sub> d = U<sub>1</sub>

F<sub>2</sub> q = F

P<sub>2</sub> {U<sub>2</sub> q = a}

a = q / m

q<sub>1</sub> = q<sub>2</sub> = q<sub>3</sub>

E<sub>0</sub> = Y<sub>1</sub> · 3R + Y<sub>2</sub> R

E<sub>0</sub> = Y<sub>1</sub> · R + Y<sub>2</sub> · 4R

3Y<sub>1</sub> + Y<sub>2</sub> = Y<sub>1</sub> + 4Y<sub>2</sub>

2Y<sub>1</sub> = 3Y<sub>2</sub> ⇒ Y<sub>2</sub> = 2/3 Y<sub>1</sub>

E = 3Y<sub>1</sub> R + 2/3 Y<sub>1</sub> R = 11/3 Y<sub>1</sub> R

Y<sub>1</sub> = 3E / 11R

Y<sub>2</sub> = 2/3 Y<sub>1</sub> = 2E / 11R

3/4V - 1/5V = 11/20V

E - Y<sub>1</sub> R = 3L ΔY<sub>3</sub> / Δt = Y<sub>3</sub> 2R + L ΔY<sub>2</sub> / Δt

3L ΔY<sub>3</sub> = Δq<sub>3</sub> · 2R + L ΔY<sub>2</sub>

3L E / R = q<sub>3</sub> · 2R ⇒ 3L E (0 - 3E / 11R)

2q<sub>3</sub> R = 3L E (L + 11) = 36 L E / 11 R

q<sub>3</sub> = 18 E L / R<sup>2</sup> (3) -

ΔV = k ΔT P<sub>0</sub>

V<sub>1</sub> = 4/3 V - V<sub>2</sub> = 2/5 V

V<sub>2</sub> = V<sub>1</sub> / 2 = V / 5

P = V<sub>1</sub> RT / V<sub>2</sub>

V<sub>2</sub> R T<sub>0</sub> / V<sub>1</sub> = V<sub>1</sub> R T<sub>0</sub> / V<sub>2</sub> ⇒ V<sub>1</sub> / V<sub>2</sub> = 2

V<sub>1</sub> = 2V<sub>2</sub>

500 + 450 = 4/3 V - V / 5 = 20V / 15 = 120V / 15 = 8V

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

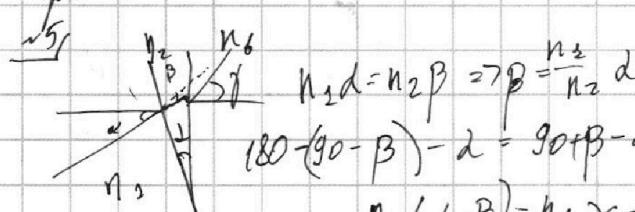


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------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

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

чертеж



$$m_2 d = m_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{m_2}{m_2} d$$

$$(180 - 90 - \beta) - \alpha = 90 + \beta - \alpha \Rightarrow 90 - (\frac{m_2}{m_2} d + \beta) = \alpha - \beta$$

$$m_2 (\alpha - \beta) = m_3 \beta \Rightarrow \beta = \frac{m_2}{m_2 + m_3} \alpha = \frac{m_2}{m_2 + m_3} d = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_3} d = 0,07$$

$$F_{\text{at}} = m_2 a \quad F = m \frac{dv}{dt} = m a \quad \frac{dv}{dt} = a$$

Интеграл  $\int \frac{dv}{dt} dt = ?$

результат

$\int v^2 dt = ?$

$$F_{\text{at}} = m_2 a \quad F = m \frac{dv}{dt} = m a \quad \frac{dv}{dt} = a$$

$$F_c \sim V \quad F_c = -kV \quad 500 H = 25 \frac{N}{C} \cdot k \Rightarrow k = 20 \frac{N \cdot C}{H}$$

$$P_{\text{at}} = d \frac{m_2 V^2}{2} = \frac{m_2}{2} 2V dV \Rightarrow P = m_2 V \quad P = FV$$

$$\begin{aligned} t = 25 \text{ C} & \quad V = 20 - \frac{5}{4} = 18,75 \text{ C} \\ t = 35 \text{ C} & \quad V = 20 + \frac{5}{4} = 25 \text{ C} \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} \Delta V = 2,5 \text{ C} & \Rightarrow \Delta t = 10 \text{ C} \Rightarrow a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0,25 \frac{\text{C}}{\text{C}} \end{aligned} \right( 1 )$$

$$F_T - kV = m a$$

$$P = \frac{25}{16} P_0$$

$$F_T - 400 = 450 \Rightarrow F_T = 850 \text{ N} \quad (2)$$

$$P = 17000 \text{ B.T} = 17 \text{ kB.T} \quad (3)$$

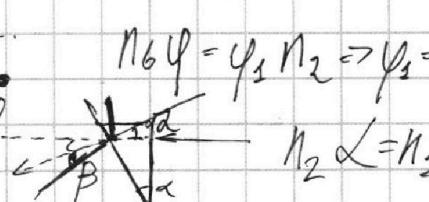
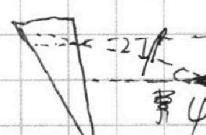


$$P_{\text{at}} = \Delta P$$



$$m_2 \dot{\varphi} = \varphi_1 m_1 \quad \varphi_1 =$$

$$m_2 \omega = m_1 / 3$$



$$\beta = \frac{m_2}{m_3} \alpha$$

$$\Delta d = d - \beta = \left( \frac{m_2}{m_3} - 1 \right) d$$

$$m_2 \Delta \alpha = m_1 \Delta \beta$$

$$\text{Если } m_3 = m_2$$

$$\Delta h = h \Delta d + a \Delta \beta = h \Delta d + \frac{m_2}{m_3} \Delta d$$

$$\Delta h = \Delta \alpha \left( h + a \frac{m_2}{m_3} \right) = \alpha \left( \frac{m_2}{m_3} - 1 \right) \left( h + a \frac{m_2}{m_3} \right)$$

$$\Delta h = 0,1 \cdot 0,7 \cdot (194 + 9) = 143,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h = 0,1 \cdot \frac{2}{15} (194 + 9 + 194 \cdot \frac{1}{15})$$

$$\Delta h = 0,1 \cdot \frac{2}{15} (194 + 9 + 194 \cdot \frac{1}{15})$$

$$\Delta h = h \Delta d + a \Delta \beta = h \Delta d + \frac{m_2}{m_3} \Delta d$$

$$\Delta h = \Delta \alpha \left( h + a \frac{m_2}{m_3} \right) = \alpha \left( \frac{m_2}{m_3} - 1 \right) \left( h + a \frac{m_2}{m_3} \right)$$

$$\Delta h = 0,1 \cdot 0,7 \cdot (194 + 9) = 143,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h = 0,1 \cdot \frac{2}{15} (194 + 9 + 194 \cdot \frac{1}{15})$$