



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

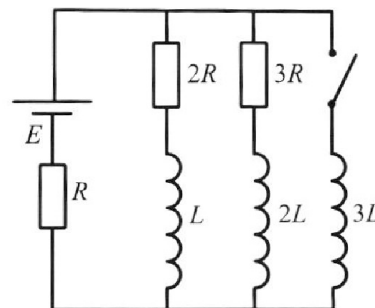
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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

- 1) Найти ток  $I_0$  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.

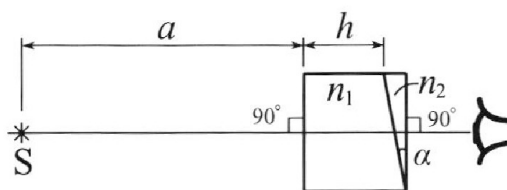


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.



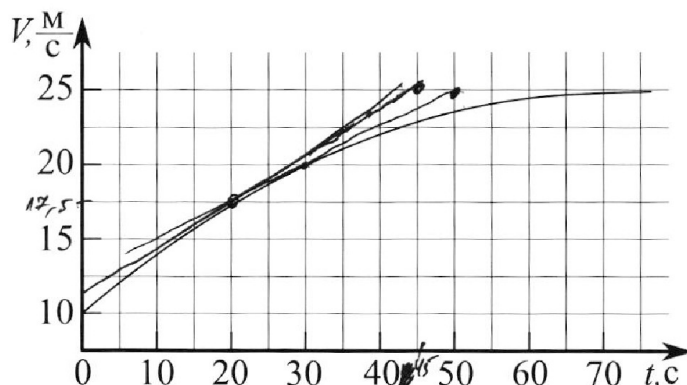
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $v_1 = 20$  м/с.
- Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $v_1$ .
- Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $v_1$ ?

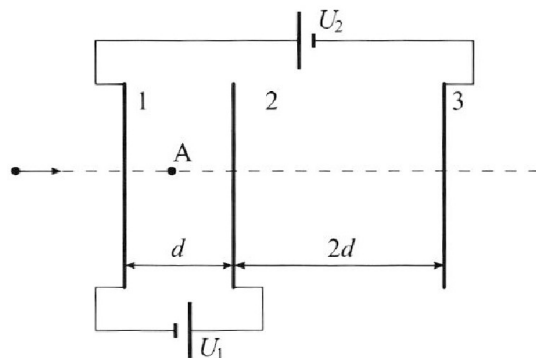
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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:  $\Delta v = kpw$ . 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.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



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

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"/> | <input 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!

- 1) проведем касательную к графику в точке, где  $V = V_1 = 20 \text{ м/с}$   
тангенс угла наклона прямой - производная скорости = ускорение.

$$\text{ускорение } a_1 \approx \frac{25-20}{50-30} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

2)  $a_1 = \frac{F}{m}$  ;  $F = F_1 - F_{\text{сопротивления}}$  ;  $F_{\text{сопр.}} = kV$   
$$a_1 = \frac{F_1 - kV_1}{m}$$

автомобиль не разгоняется больше  $25 \text{ м/с}$ , на этой скорости сила = 0

$$0 = \frac{F_k - k \cdot 25}{m} ; \quad k = \frac{F_k}{25} = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_1 = a_1 m + kV_1 = 0,25 \cdot 1800 + 20 \cdot 20 = 950 \text{ Н}$$

3)  $P_1 = FV_1 = (F_1 - F_{\text{сопр.}})V_1 = 450 \cdot 20 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$

Ответ: 1)  $0,25 \text{ м/с}^2$

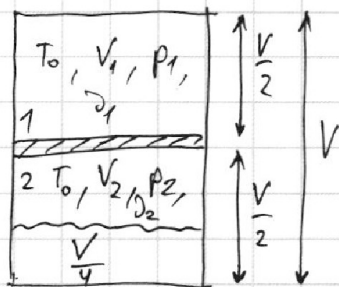
2)  $950 \text{ Н}$

3)  $9 \text{ кВт}$

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

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

1)



$$V_1 = \frac{V}{2}; V_2 = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

пiston не движется, давления

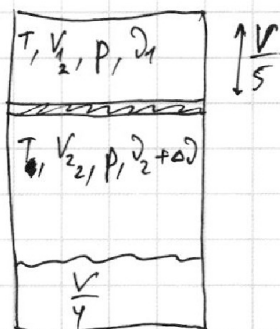
$p_1$  и  $p_2$  равны.

газ идеальный, давления пара почти нет.

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_0; p_2 V_2 = \nu_2 R T_0; p_1 = p_2 = p_0$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{p_1 V_1 \cdot R T_0}{R T_0 \cdot p_2 V_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V/2}{V/4} = 2$$

2)



объем воды почти не изменился  
(остался  $\frac{V}{4}$ );

~~пар~~ пар насыщенный, его давление =

$\approx 1$  атм. (давление нас. пара при  $100^\circ (= 373^\circ K)$ )

Изначально в воде было растворено  $\Delta \nu$  молей газа,

сейчас он вышел, в воде ничего не растворено.

$$V_1 = \frac{V}{5}; V_2 = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{11}{20} V; \Delta \nu = k p_0 W, W = \text{объем воды} = \frac{V}{4}$$

$$p = p_{\text{газ}} + p_{\text{пара}}; p_{\text{газ}} \cdot V_2 = (\nu_2 + \Delta \nu) R T; p = \frac{(\nu_2 + \Delta \nu) R T \cdot 20}{11 V} + p_{\text{атм.}}$$

$$\cancel{p} \cdot \frac{V}{5} = \nu_1 R T; p = \frac{10 \nu_2 R T}{V}$$

$$\frac{20}{11} \left( \frac{\nu_2 R T}{V} + \frac{\Delta \nu R T}{V} \right) + p_{\text{атм.}} = 10 \frac{\nu_2 R T}{V}$$

из первого пункта  $\frac{\nu_2 R T_0}{V_2} = p_2; T_0 = \frac{4}{5} T; \frac{\nu_2 R \cdot \frac{4}{5} T}{\frac{V}{4}} = p_0$

$$\frac{\nu_2 R T}{V} = \frac{5}{16} p_0$$

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

$$\frac{20}{11} \left( \frac{5}{16} p_0 + \frac{k p_0 \frac{V}{4} RT}{V} \right) + p_{\text{атм}} = 10 \cdot \frac{5}{16} p_0$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3}; \quad RT \approx 3 \cdot 10^3; \quad kRT = 1$$

$$\frac{20}{11} \left( \frac{5}{16} p_0 + \frac{p_0}{4} \right) + p_{\text{атм}} = \frac{50}{16} p_0$$

$$\left( \frac{100}{176} + \frac{80}{176} - \frac{550}{176} \right) p_0 = -p_{\text{атм}}$$

$$p_0 = \frac{176}{550 - 100 - 80} p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм.}}$$

Ответ: 1) 2

2)  $\frac{88}{185} p_{\text{атм}}$

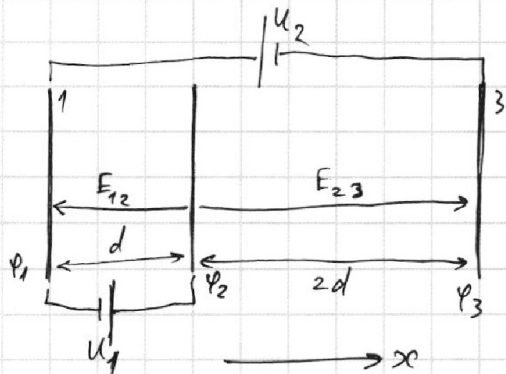
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\varphi_1 = \varphi_3 + U_2; \quad \varphi_2 = \varphi_1 + U_1$$

$$|a_{12}| = \frac{Uq}{md}$$

1) на частицу действует сила

$$F_{12} = E_{12} q$$

$$E_{12} d = \varphi_1 - \varphi_2 = -U_1$$

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

$$a_{12} = \frac{F_{12}}{m} = \frac{E_{12} q}{m} = -\frac{Uq}{md}$$

2) на ~~сетке~~ сетке 1 потенциал  $\varphi_1$ , на сетке 2 потенциал  $\varphi_2$ .

энергия частицы при приёме первой сетки =  $K_1 + \varphi_1 q$ ,

второй -  $K_2 + \varphi_2 q$

энергия сохраняется.

$$K_2 + \varphi_2 q = K_1 + \varphi_1 q; \quad \cancel{K_2 - K_1 = (\varphi_1 - \varphi_2) q}$$

$$K_1 - K_2 = (\varphi_2 - \varphi_1) q = U_1 q = Uq$$

3) найдем точку, где скорость частицы = ~~0~~  $v_0$

энергия =  $\frac{mv_0^2}{2} + 0$ , потенциальная энергия = 0.

эта точка в поле  $E_{23}$ , на расстоянии  $x$  от второй ~~сетки~~ сетки

$$\varphi_2 - E_{23} x = 0, \quad E_{23} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{2d} = \frac{U_1 + U_2}{2d} = \frac{5U}{2d}$$

$$x = \frac{\varphi_3 + U_1 + U_2}{E_{23}} = \frac{(\varphi_3 + 5U)2d}{5U} = 2d + \frac{\varphi_3}{5U} 2d$$

разобьём вторую сетку на 2 пластины:  $\varphi_1 \quad -\varphi_1 \quad -\varphi_3 \quad \varphi_3$

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



$$-\varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_2$$

$$\cancel{\varphi_3} + 4u - \varphi_3 = \varphi_3 + 5u$$

$$\varphi_3 = -u$$

$$x = 2d + \frac{-u}{5u} 2d = 1,6d$$

в этой точке скорость =  $v_0$ .

$$\cancel{\text{между}} \text{ 1-2: } a_{12} = -\frac{uq}{md}$$

$$\text{между 2-3: } a_{23} = \frac{(\varphi_2 - \varphi_3)q}{2dm} = \frac{5uq}{2md}$$

$$1-2: \quad v_2 = v_1 - \frac{uq}{md} t_1; \quad d = v_1 t_1 - \frac{uq}{md} \frac{t_1^2}{2}$$

$$\downarrow$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2uq}{m}}$$

$$2-3: \quad v_0 = v_2 + \frac{5uq}{2md} t_2; \quad x = v_2 t_2 + \frac{5uq}{2md} \frac{t_2^2}{2}$$

$$\frac{5uq}{4md} t_2^2 + v_2 t_2 - x = 0, \quad D = v_2^2 + \frac{5uq x}{md}$$

$$t_2 = \frac{(-v_2 + \sqrt{D}) 2md}{5uq}$$

$$v_0 = \sqrt{D} = \sqrt{v_1^2 - \frac{2uq}{m} + \frac{5uq x}{md}}$$

Ответ: 1)  $\frac{uq}{md}$   
2)  $uq$

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

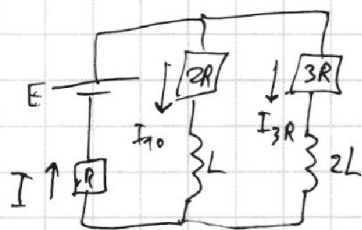
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ

1) разомкнутый ключ:



режим установился:  $U_L = U_{2L} = 0$

$$I = I_{10} + I_{3R}$$

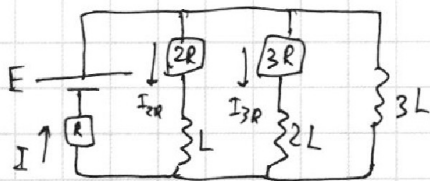
$$E = I_{10} \cdot 2R + IR = I_{3R} \cdot 3R + IR$$

$$I_{10} \cdot 2R + (I_{10} + I_{3R})R = I_{3R} \cdot 3R + I_{10}R$$

$$I_{10} \cdot 2R = I_{3R} \cdot 3R ; I_{3R} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$E = I_{10} \cdot 2R + \frac{5}{3} I_{10} R ; I_{10} = \frac{E}{2R + \frac{5}{3}R} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

2) сразу после замыкания ключа токи не изменились



$$I_{3L} = 0 ; I_{2R} = I_{10} ; I = \frac{5}{3} I_{10} = \frac{5}{11} \frac{E}{R}$$

$$U_{3L} = 3L \dot{I}_{3L}$$

$$E = U_{3L} + IR ; U_{3L} = E - \frac{5}{11} E = \frac{6}{11} E$$

$$\dot{I} = \frac{2}{11} \frac{E}{L}$$

3) режим установился,  $\dot{I}_{3L} = 0$ ,  $U_{3L} = 0 \rightarrow U_{2R+L} = U_{3R+2L} = 0$

$$\dot{I}_{2R+L} = \dot{I}_{3L} = I_{2R} = I_{3R} = 0 ; I = I_{3L} + I_{2R} + I_{3R} = I_{3L}$$

$$E = IR ; I = \frac{E}{R}$$

$$U_{2R+L} = I_{2R} \cdot 2R + L \dot{I}_{2R} ; U_{3L} = 3L \dot{I}_{3L}$$

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!



$$U_{2R+L} = U_{3L} ; \quad I_{2R} \cdot 2R + L \cdot \dot{I}_{2R} = 3L \frac{\dot{I}_{3L}}{1} \quad / \cdot dt$$

$$dq_{2R} \cdot 2R + L dI_{2R} = 3L dI_{3L}$$

$$\int_0^q dq_{2R} \cdot 2R + L \int_{I_{10}}^0 dI_{2R} = 3L \int_0^I dI_{3L} \quad , q - \text{протекший заряд}$$

$$2Rq - LI_{10} = 3L \frac{E}{R}$$

$$q = \frac{3L \frac{E}{R} + L \cdot \frac{3}{11} \frac{E}{R}}{2R} = \frac{36}{22} L \frac{E}{R^2} = \frac{18}{11} \frac{LE}{R^2}$$

Ответ:

- 1)  $\frac{3}{11} \frac{E}{R}$
- 2)  $\frac{2}{11} \frac{E}{L}$
- 3)  $\frac{18}{11} \frac{LE}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

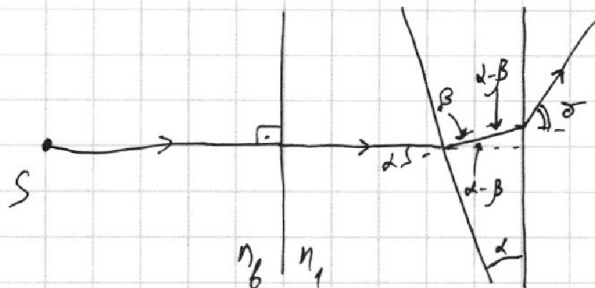
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------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



1)



на левой  
части луча не  
преломляется.

$$n_1 \rightarrow n_2: n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$\alpha$  - малый,  $\beta$  - малый,

$\alpha - \beta$  - малый,  $\sigma$  - малый.  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\sin \beta \approx \beta$ , ...

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

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

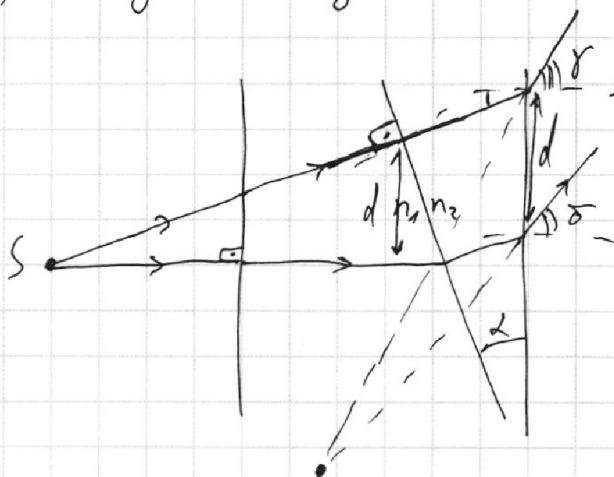
$$n_2 \rightarrow n_1: n_2 \sin(\alpha - \beta) = n_1 \sin \sigma; \quad \sigma = \frac{n_2(\alpha - \beta)}{n_1} = \frac{(n_2 - n_1)\alpha}{n_1}$$

$$n_1 = n_1 = 1; \quad n_2 = 1,7; \quad \sigma = 0,7 \alpha, \quad \alpha = 0,1 \text{ рад.}$$

$$\sigma = 0,07 \text{ рад.}$$

2)

пусть 2 луча?



$$n_2 \alpha = n_1 \gamma$$

$$\gamma = n_2 \alpha$$

Ответ: 1) 0,07 рад.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

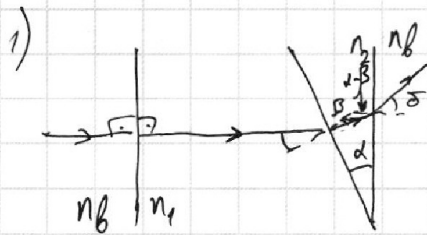
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

№5.



$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta;$$

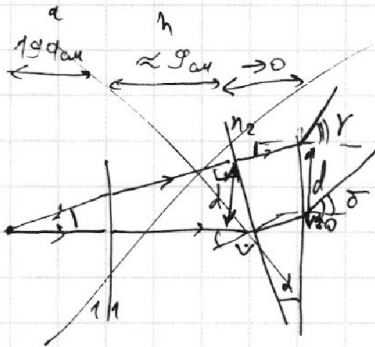
$$n_2 \sin(\alpha - \beta) = n_1 \sin \delta$$

$$n_1 = n_2 = 1, \text{ and } \alpha = \delta; \sin \beta \approx \beta; \sin(\alpha - \beta) \approx \alpha - \beta$$

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

$$\delta = n_2 (\alpha - \beta) = n_2 (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) = n_2 \alpha - \alpha = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

2) заменим систему на 1 плоскую линзу.



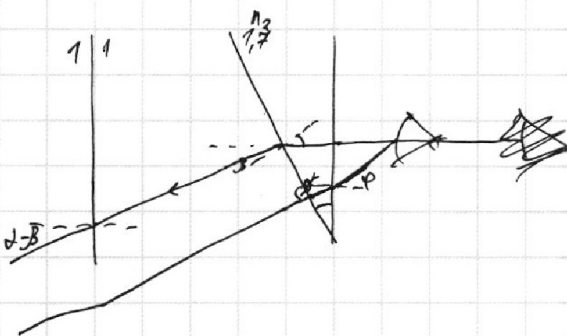
$$n_2 \sin \alpha = 1 \cdot \gamma; \gamma = n_2 \alpha = 1,7 \alpha$$

$$d = \sin \alpha \cdot \frac{\alpha + h}{\cos \alpha} \approx \alpha (\alpha + h) =$$

$$= 0,01 \cdot 203 = 2,03 \text{ см}$$

$$1 \cdot p = n_2 \alpha$$

$$p = n_2 \alpha$$



$$\varphi_3 + 5u = -\varphi_3$$

$$\varphi_3 = -\frac{5}{2} u$$

$$x = d$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2ug}{m}}$$

$$a_{23} = \frac{5ug}{2md} = \frac{5ug}{2md}$$

$$v_0 = v_2 + a_{23} t_2; x = v_2 t + \frac{5ug}{2md} \cdot \frac{t^2}{2}$$



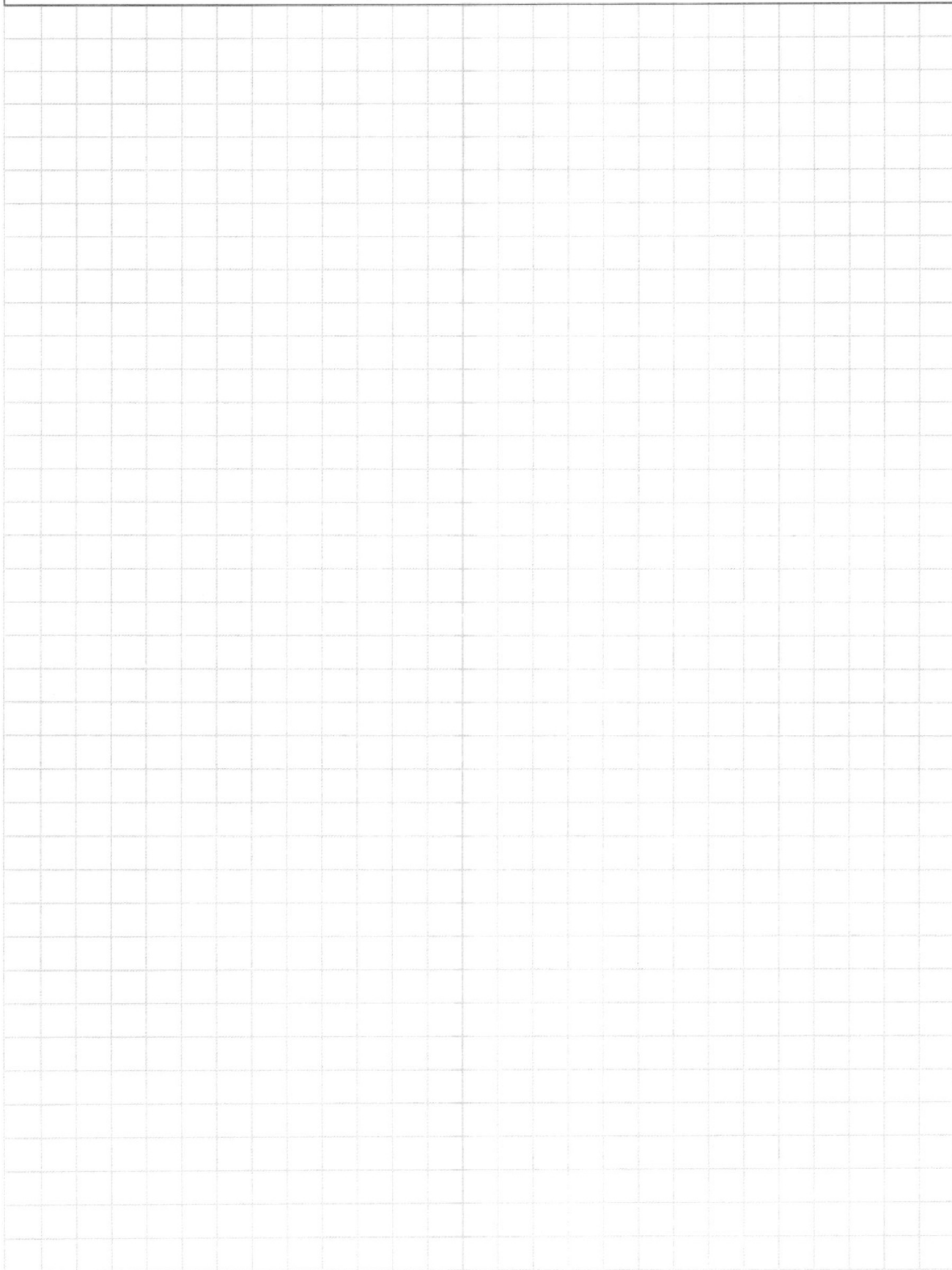
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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 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!

№1.  $a = \frac{F}{m}$ ;  $F = F_{\text{норм}} - k \cdot 10$

$$F_k - k \cdot 25 = 0; k = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}$$

1)  $a_1 \approx \frac{25 - 17,5}{45 - 20} = \frac{7,5}{25} = \frac{30}{100} = 0,3 \text{ м/с}^2$

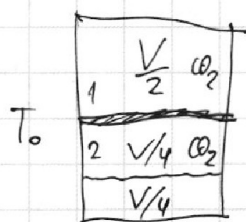
2)  $a = \frac{F_1 - k \cdot V_1}{m}$   $\frac{25-20}{50-30} = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ м/с}^2$   $\frac{1800}{540,0}$   $\frac{1800}{16} = 112,5$

$$F_1 = 0,3 \cdot 1800 + 20 \cdot 20 = 540 + 400 = 940 \text{ Н}$$

3)  $P_1 = \frac{A}{t} = FV$ ;  $P_1 = F_1 V_1 = 940 \cdot 20 = 18800 \text{ Вт}$

$dA = F \cdot V \cdot dt$   $\frac{940}{18800}$   $F_1 = 925 \cdot 1800 + 20 \cdot 20 = 1665000 + 400 = 1665000,4 \text{ Н}$

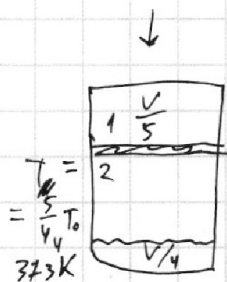
№2.



$\text{CO}_2 - 3 \text{ атмосферы, } i = 6$

$$P_1 = P_2 = P_0$$

$$P_1 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0; P_2 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0; \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{4}} = 2$$



$$P_1 = P_2 + P_{\text{н}}; P_1 \frac{V}{5} = \nu_1 R T; P_2 \frac{V}{4} = (\nu_2 + \nu_1) R T$$

$$P_{\text{н}} = 1 \text{ атмос}$$

$$\Delta V = k P_0 \frac{V}{4}; V_2 = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{(20 - 4 - 5)V}{20} = \frac{11}{20} V$$

$$(P_2 + P_{\text{н}}) \frac{V}{5} = 2 \nu_2 R T; P_2 V = 10 \nu_2 R T - V \cdot P_{\text{н}}$$

$$P_2 \frac{11}{20} V = \left( \nu_2 + k P_0 \frac{V}{4} \right) R T; P_2 V = \frac{20}{11} \left( \nu_2 + k P_0 \frac{V}{4} \right) R T$$

$$10 \nu_2 R T - V P_{\text{н}} = \frac{20}{11} \nu_2 R T + \frac{5}{11} k P_0 V R T; P_0 V = \frac{16}{5} \nu_2 R T; \nu_2 R T = \frac{5}{16} P_0 V$$

$$10 \frac{5}{16} P_0 V - V P_{\text{н}} = \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{16} P_0 V + \frac{5}{11} \cdot k P_0 V R T; P_0 = \frac{50}{16} - \frac{100}{16 \cdot 11} - \frac{5 k R T}{11} P_{\text{н}}$$

$$\frac{50}{16} P_0 - \frac{100}{16 \cdot 11} P_0 - \frac{k \cdot 5 \cdot R T}{11} P_0 = P_{\text{н}}$$

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 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!

$$\begin{array}{r} \times 50 \\ 11 \\ \hline 550 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 11 \\ \hline 176 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 5 \\ 16 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$kRT = \frac{1}{\beta} \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^3 = 1$$

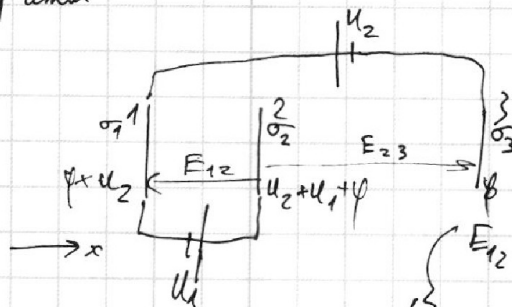
$$p_0 = \frac{550 - 100 - 80}{176} \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} 176 \overline{) 370} \\ 176 \\ \hline 194 \\ 176 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$\frac{176}{450 - 80} = \frac{176}{370} = \frac{88}{185}$$

$$p_0 = \frac{88}{185} \text{ Па}$$

$$p_3. \quad U = Ed$$



$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_{12} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = -\frac{U_1}{d}$$

$$E_{23} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{U_2 + U_1}{2d} = \frac{5U}{2d}$$

$$E_{23} - E_{12} = \frac{\sigma_2}{\epsilon_0} = \frac{U_2}{2d} + \frac{U_1}{2d} + \frac{U_1}{d} = \frac{U_2 + 3U_1}{2d}$$

$$1) F_{12} = E_{12} q = -\frac{U_1}{d} q = -\frac{Uq}{d}$$

$$|a_{12}| = \frac{Uq}{md}$$

$$2) \text{ скорость частиц } v_1 = \sqrt{2} \quad K_1 = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mU^2}{2}; \quad U_1 = U_2 q$$

$$W_2 = (U_2 + U_1) q \quad d = v_1 t - \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$d = v_1 t - \frac{Uq t^2}{2md}; \quad v_2 = v_1 - \frac{Uq}{md} t; \quad \frac{d}{t} = v_1 - \frac{Uq}{2md} t$$

$$\frac{Uq}{2md} t^2 - v_1 t + d = 0; \quad D = v_1^2 - \frac{2Uq d}{m} = v_1^2 - \frac{2Uq}{m}$$

$$t = \frac{(v_1 \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}}) md}{Uq}; \quad v_2 = v_1 - \left( v_1 \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}} \right) =$$

$$= \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}} = \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}}; \quad K_2 = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{m}{2} \left( v_1^2 - \frac{2Uq}{m} \right) = \frac{mv_1^2}{2} - Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

$$Uq = [Dm] = [H \cdot m] = \left[ \frac{kg \cdot m^2}{s^2} \right]$$

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

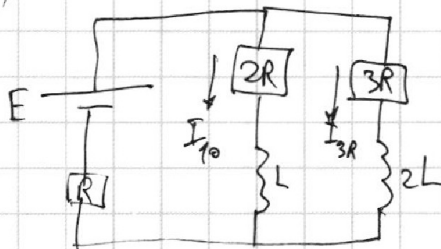
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

№4. 1)



режим установился:  $U_L = U_{2L} = 0$

$$E = I_{10} 2R + (I_{10} + I_{3R}) R =$$

$$= I_{3R} 3R + (I_{10} + I_{3R}) R$$

$$I_{3R} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$E = I_{10} 2R + \frac{5}{3} I_{10} R; I_{10} = \frac{E}{2R + \frac{5R}{3}} = \frac{3E}{6R + 5R} = \frac{3}{11} \frac{E}{R}$$

2) ток еще не установился;  $U_R = (I_{10} + I_{3R}) R$

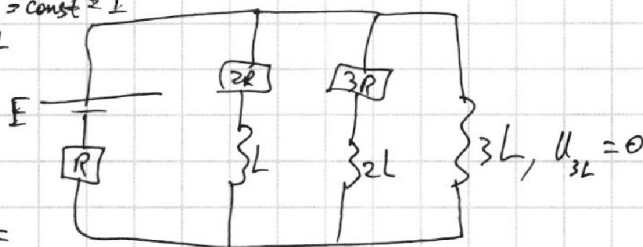
$$U_{3L} = 3L \dot{I}; I = \frac{E - U_R}{3L} = \frac{E - \frac{5}{3} I_{10} R}{3L} = \frac{E - \frac{5}{11} E}{3L} =$$

$$= \frac{\frac{6}{11} E}{3L} = \frac{2E}{11L} \quad L = \frac{U}{\dot{I}} = \left[ \frac{A \cdot \Omega \cdot c}{A} \right] = [\Omega \cdot c]$$

$$\frac{E}{L} = \left[ \frac{A \cdot \Omega}{\Omega \cdot c} \right]$$

3) режим установился:  $I_{3L} = \text{const} = I$

$$E = IR; I = \frac{E}{R}$$



$$U_{2R+L} = \frac{I 2R}{2R} + L \frac{\dot{I}}{2R} = U_{3L} = 3L \frac{\dot{I}}{3L}$$

$$= E - IR = U_{3R+2L} = I_{3R} 3R + L \dot{I}_{3R} = (I - I_{2R}) 3R + L (\dot{I} - \dot{I}_{2R} - \dot{I}_{3L}) =$$

$$= (I - I_{2R} - I_{3L}) 3R - L (\dot{I}_{2R} + \dot{I}_{3L})$$

$$\frac{dq_{2R}}{dt} 2R + L \frac{dI_{2R}}{dt} = 3L \frac{dI_{3L}}{dt}$$

$$dq_{2R} 2R + L dI_{2R} = 3L dI_{3L}$$

$$\int_0^q dq_{2R} 2R + L \int_{I_0}^0 dI_{2R} = 3L \int_0^I dI_{3L}$$

$$2Rq - LI_{10} = 3L \frac{E}{R}$$

$$q = \frac{E}{R} \left( 3L + \frac{3L}{11} \right) / 2R$$

$$q = \frac{\frac{36}{11} LE}{2R^2} = \frac{18LE}{11R^2} = \left[ \frac{\Omega \cdot c \cdot B}{\Omega^2} \right] =$$

$$= \left[ \frac{C \cdot A \cdot \Omega^2}{\Omega \cdot \Omega^2} \right] = \left[ \frac{C \cdot A}{\Omega} \right]$$

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 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!

3.)

$$\frac{d}{3} = v_1 t - \frac{|a_{12}| t^2}{2}; \quad v_A = v_1 - |a_{12}| t$$

$$\frac{u g}{2 m d} t^2 - v_1 t + \frac{d}{3} = 0; \quad D = v_1^2 - \frac{2 u g \cdot d}{m d \cdot 3}$$

$$t = \frac{(v_1 \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2 u g}{3 m}}) m d}{u g} \quad \varphi + u_2$$

$$v_A = \sqrt{v_1^2 - \frac{2 u g}{3 m}}$$

$$E_{12} d g - E_{23} x g = -(\varphi + u_2) g$$

$$x = \frac{E_{12} d}{E_{23}} = \frac{u \cdot d}{d \cdot \frac{5 u}{2 d}} = \frac{2 d}{5}$$

$$E_0 = \frac{m v_0^2}{2} + 0; \quad E_1 = \frac{m v_1^2}{2} + (\varphi + u_2) g = E_0$$

$$\cancel{v_1^2} = \cancel{E_0} \quad \varphi + u_2 - E_{12} d = u_2 + u_1 + \varphi$$

$$\varphi + u_1 + u_2 - E_{23} \cdot 2d = \varphi$$

$$|a_{23}| = \frac{F_{23}}{m} = \frac{E_{23} g}{m} = \frac{(u_1 + u_2) g}{2 d m} = \frac{5 u g}{2 m d}$$

$$v_3 = v_2 + a_{23} t_2; \quad 2d = v_2 t + \frac{5 u g}{2 m d} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$\frac{5 u g}{4 m d} t^2 + v_2 t - 2d = 0; \quad D = v_2^2 + \frac{5 u g \cdot 2d}{m d} = v_2^2 + \frac{10 u g}{m}$$

$$t = \frac{(-v_2 \pm \sqrt{v_2^2 + \frac{10 u g}{m}}) 2 m d}{5 u g}$$

$$v_3 = v_2 + \left( -v_2 \pm \sqrt{v_2^2 + \frac{10 u g}{m}} \right) = \sqrt{v_2^2 + \frac{10 u g}{m}} = \sqrt{v_1^2 - \frac{2 u g}{m} + \frac{10 u g}{m}} =$$

$$= \sqrt{v_1^2 + \frac{8 u g}{m}}; \quad K_3 = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{8 m u g}{2 m} = \frac{m v_1^2}{2} + 4 u g$$

$$K_1 + (\varphi + u_2) g = K_1 + 4 u g + (\varphi) g = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$u_2 g =$$