



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

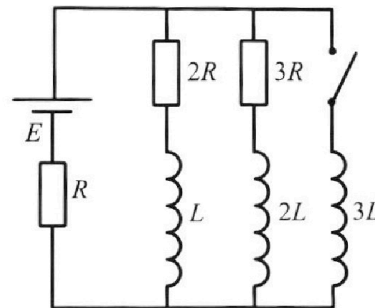


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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  $n_b = 1,0$ . 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.

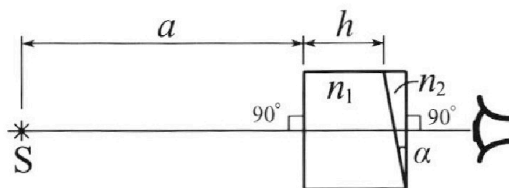


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



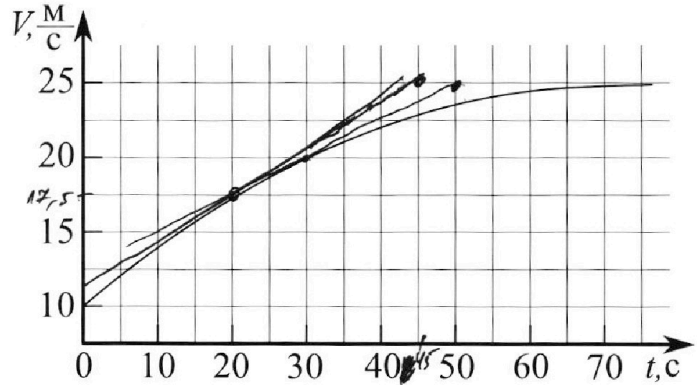
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



- 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  $v_1$ ?

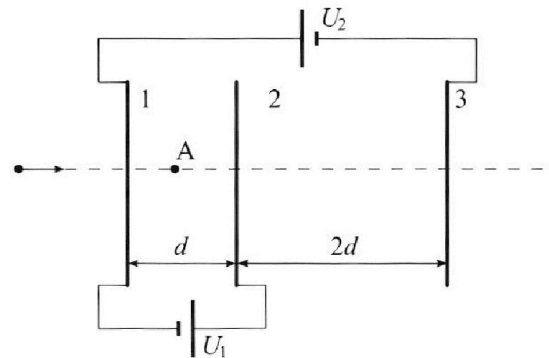
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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:  $\Delta v = kpw$ . 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.

- 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 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

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.

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

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

$$a_1 = \frac{F_1 - kV_1}{m}$$

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

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

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

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

Ответ: 1)  $0,25 \text{ м/с}^2$

2)  $950 \text{ Н}$

3)  $9 \text{ кВт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

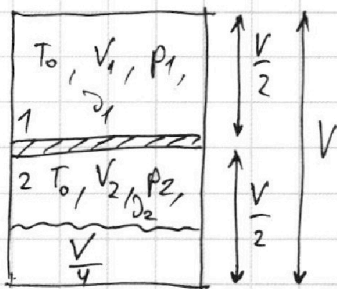
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

1)



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

поршень не движется, давление

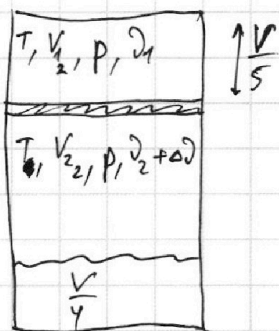
$P_1$  и  $P_2$  равны.

газ идеальный, давление 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 насыщеннй, его давление =

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

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

сейчас он вышел, в воде ничего не растворено.

$$V_{12} = \frac{V}{5}; V_{22} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{11}{20} V; \Delta \nu = k P_0 W, W = \text{объем воды} = \frac{V}{4}$$

$$P = P_{\text{газ}} + P_{\text{пара}}; P_{\text{газ}} \cdot V_{22} = (\nu_2 + \Delta \nu) R T; P = \frac{(\nu_2 + \Delta \nu) R T \cdot 20}{11 V} + P_{\text{атм.}}$$

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

$$\frac{20}{11} \left( \frac{\nu_2 R T}{V} + \frac{\Delta \nu R T}{V} \right) + P_{\text{атм.}} = 10 \frac{\nu_1 R T}{V}$$

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

МФТИ

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

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

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

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

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

$$p_0 = \frac{176}{550 - 100 - 80} p_{амм} = \frac{88}{185} p_{амм}$$

Ответ: 1) 2

2)  $\frac{88}{185} p_{амм}$

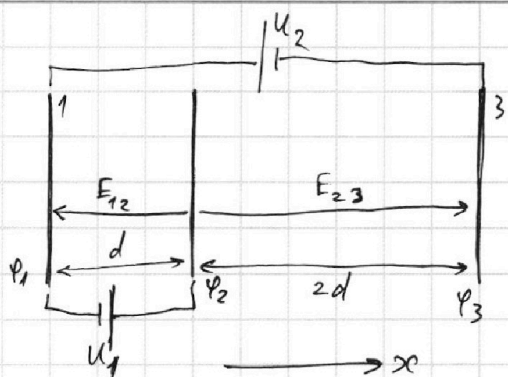
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) на частицу действует сила

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

энергия =  $\frac{m v_0^2}{2} + 0$ , 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:  $\varphi_1 \mid -\varphi_1 \mid -\varphi_3 \mid \varphi_3$

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"/>

 МФТИ

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



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

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

$$\varphi_3 = -U$$

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

в этой точке скорость =  $v_0$ .

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

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

$$1-2: \quad v_2 = v_1 - \frac{Uq}{md} t_1; \quad d = v_1 t_1 - \frac{Uq}{md} \frac{t_1^2}{2}$$
$$\downarrow$$
$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}}$$

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

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

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

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

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

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

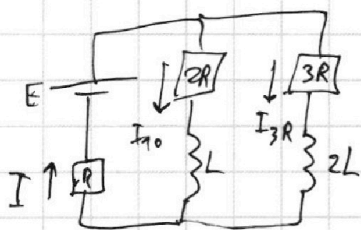
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

1) разомкнутый ключ:



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

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

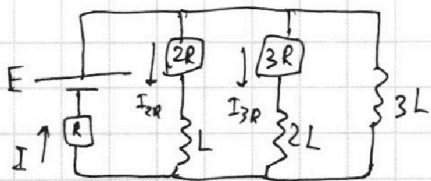
$$E = I_{10} \cdot 2R + IR = I_{3R} \cdot 3R + IR$$

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

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

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

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

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

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

- 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:

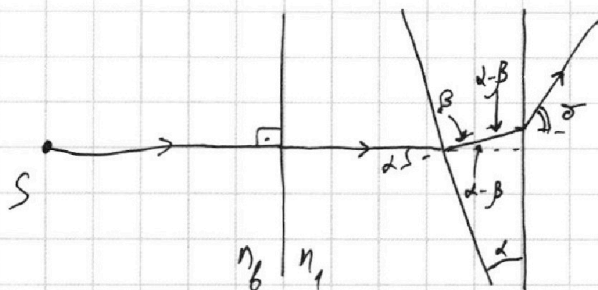
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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 грани луч не преломляется.

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

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

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

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

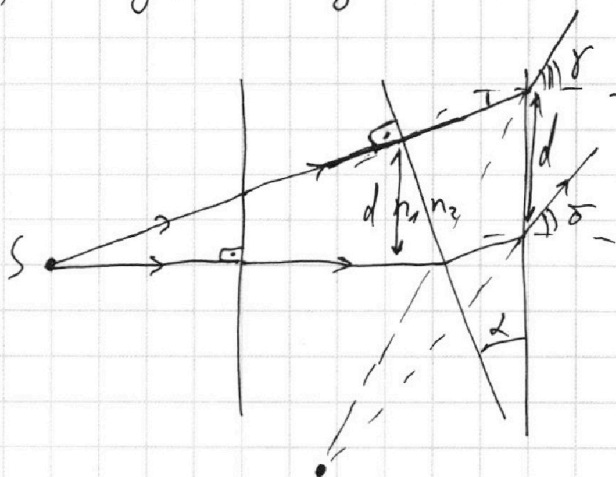
$$\alpha - \beta = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha$$

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

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

$$\sigma = 0,07 \text{ рад.}$$

2) пусть 2 луча?



$$n_2 \alpha = n_b \gamma$$

$$\gamma = n_2 \alpha$$

Ответ: 1) 0,07 рад.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

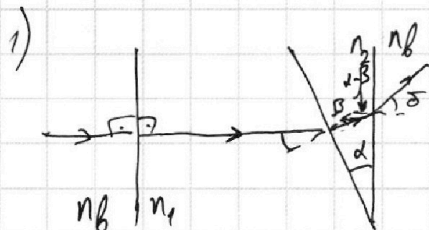
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

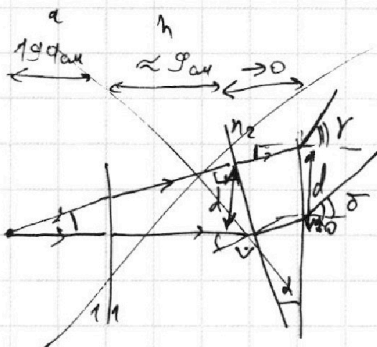
№5.



$$\begin{aligned}
 n_1 \sin \alpha &= n_2 \sin \beta; \\
 n_2 \sin(\alpha - \beta) &= n_6 \sin \delta \\
 n_1 &= n_6 = 1, \quad \cos \alpha \approx \alpha; \quad \sin \beta \approx \beta; \quad \sin(\alpha - \beta) \approx \alpha - \beta \\
 \sin \delta &= \delta \\
 \beta &= \frac{\alpha}{n_2}
 \end{aligned}$$

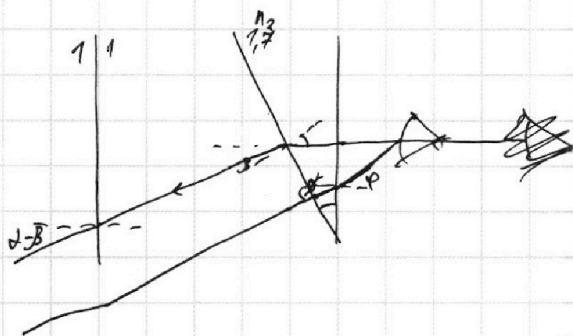
$$\delta = n_2 (\alpha - \beta) = n_2 \left( \alpha - \frac{\alpha}{n_2} \right) = n_2 \alpha - \alpha = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

2) ~~геометрическая система на 1 плоскости между:~~



~~$$\begin{aligned}
 n_2 \sin \alpha &= 1 \cdot \gamma; \quad \gamma = n_2 \alpha = 1,7 \alpha \\
 d &= \sin \alpha \cdot \frac{a+h}{\cos \alpha} \approx \alpha (a+h) = \\
 &= 0,01 \cdot 203 = 2,03 \text{ см}
 \end{aligned}$$~~

~~$$\begin{aligned}
 1 \cdot \rho &= n_2 \alpha \\
 \rho &= n_2 \alpha
 \end{aligned}$$~~



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

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

~~$$x = d$$~~

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

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

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



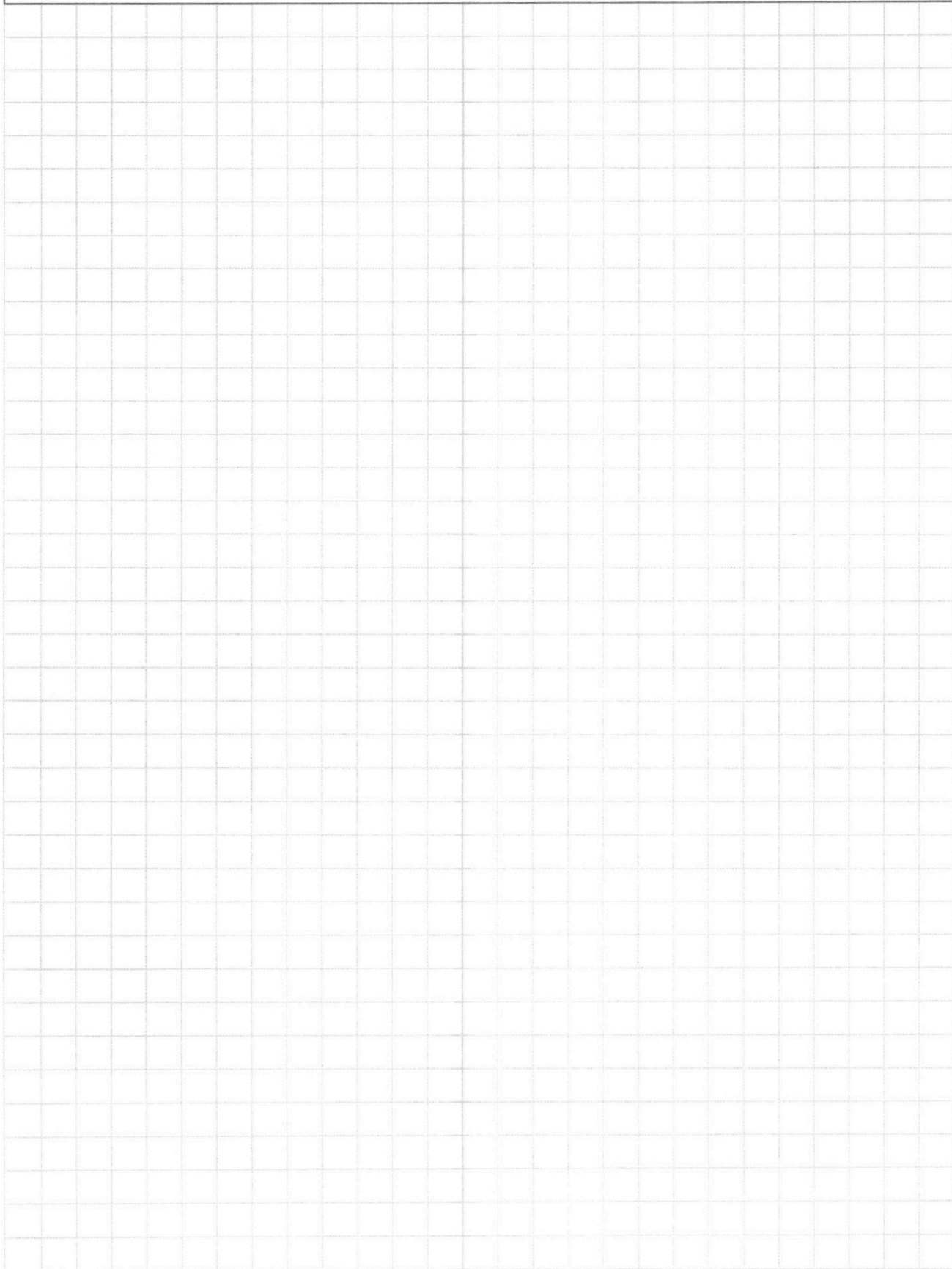
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

МФТИ

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

№1.  $a = \frac{F}{m}$ ;  $F = F_{\text{ном}} - k \cdot l^2$

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

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

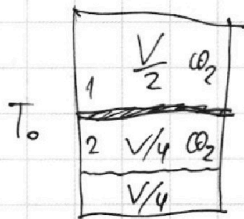
2)  $a = \frac{F_1 - k \cdot V_1}{m}$   $\frac{25 - 20}{50 - 30} = \frac{5}{20} = 0,25 \text{ м/с}^2$   $\times \frac{1800}{0,3} = \frac{1800}{0,3} = 6000$   $\frac{1800}{20} = 90$

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

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

~~$dA = F \cdot v \cdot dt$~~   $\frac{940}{20} = 47$   $F_1 = 9 \cdot 25 \cdot 1800 + 20 \cdot 20 = 500 \cdot 1800 + 400 = 950 \text{ Н}$

№2.



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

$P_1 = P_2 = P_0$

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

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

$P_{\text{амм}} = 1 \text{ атмос}$

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

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

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

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

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

$\frac{50}{16} P_0 - \frac{100}{11 \cdot 16} P_0 - \frac{k \cdot 5 \cdot RT}{11} P_0 = P_{\text{амм}}$

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!

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

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ 11 \\ \hline 176 \\ \times 46 \\ \hline 176 \end{array}$$

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

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

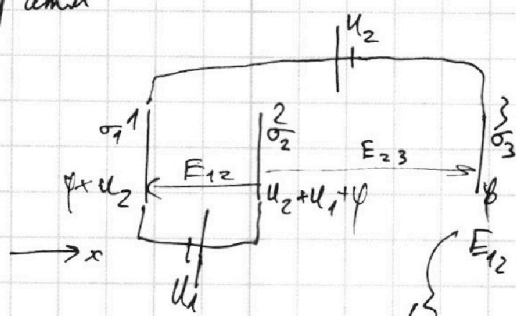
$$p_0 = \frac{1}{550 - 100 - 80} \text{ Паμμ}$$

$$\begin{array}{r} 176 \overline{) 2} \\ \underline{16} \phantom{0} \\ 16 \phantom{0} \\ \underline{16} \phantom{0} \\ 0 \phantom{0} \\ \underline{0} \phantom{0} \\ 0 \phantom{0} \\ \underline{0} \phantom{0} \\ 0 \phantom{0} \end{array}$$

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

$$p_0 = \frac{88}{185} \text{ Паμμ}$$

№ 3.  $U = Ed$



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

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

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

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

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

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

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

2) скорость на выходе  $v_1 = \sqrt{2K_1} = \sqrt{\frac{m v_1^2}{2}} = \frac{m v_1^2}{2}$ ;  $W_1 = U_2 q$

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

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

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

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

$$= \pm \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}} = \sqrt{v_1^2 - \frac{2Uq}{m}}; \quad K_2 = \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m}{2} \left( v_1^2 - \frac{2Uq}{m} \right) = \frac{m v_1^2}{2} - Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

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

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

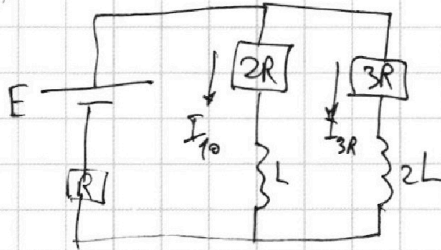
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**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) макс еще не учтены;  $U_R = (I_{10} + I_{3R}) R$

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

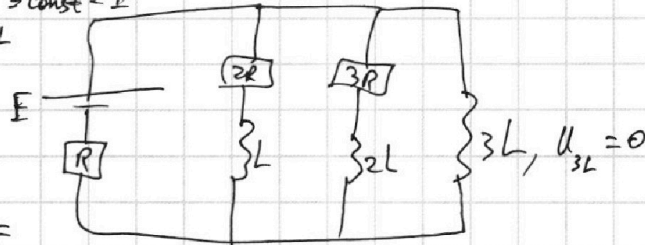
$$= \frac{\frac{6}{11} E}{3L} = \frac{2E}{11L}$$

$$L = \frac{U}{I} = \left[ \frac{A \cdot \text{Ohm} \cdot \text{c}}{A} \right] = [\text{Ohm} \cdot \text{c}]$$

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \left[ \frac{\text{c} \cdot A \cdot \text{Ohm}^2}{\text{Ohm}^2} \right] = \left[ \frac{\text{c} \cdot A}{\text{Ohm}} \right]$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

№3.  
3)

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

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

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

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

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

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

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

~~$$E_0 = \frac{m v_0^2}{2} + \varphi$$~~

$$\varphi + u_2 - E_{12} d = u_2 + u_1 + \varphi$$

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

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

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

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

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

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

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

$$K_1 + (\varphi + u_2) q = K_1 + 4 u g + (\varphi) q = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$u_2 q =$$