



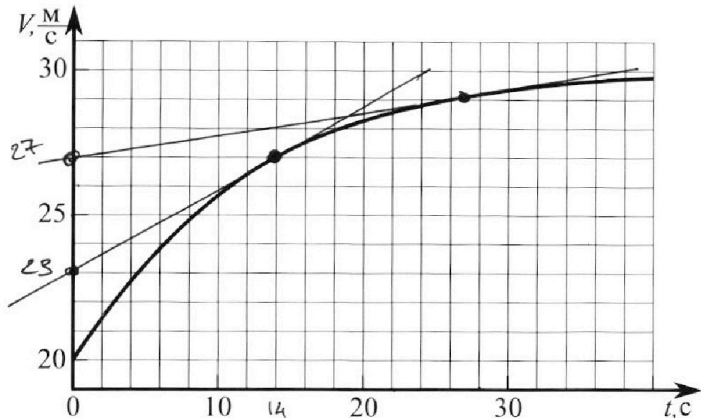
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.  $2/7$  м/с<sup>2</sup>

2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

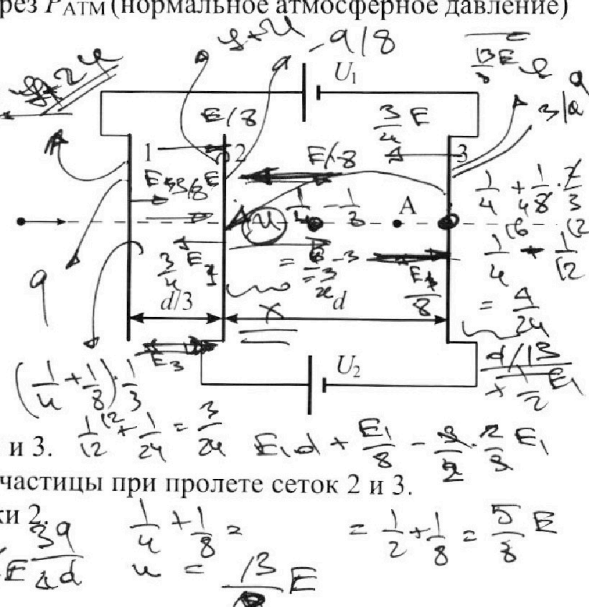
3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?  
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 азот, 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  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/6$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpV$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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 конечное давление в сосуде  $P$ . 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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 2U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.  
2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.  
3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.

$$\frac{1}{8} \cdot d = \frac{13}{8} \cdot \frac{d}{3} \cdot \frac{q}{4} \rightarrow \frac{7}{4} E - \frac{1}{8} E d \quad u = \frac{13}{8} E \quad \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{3}{8} \quad \frac{1}{2} + \frac{1}{8} = \frac{5}{8} E$$

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

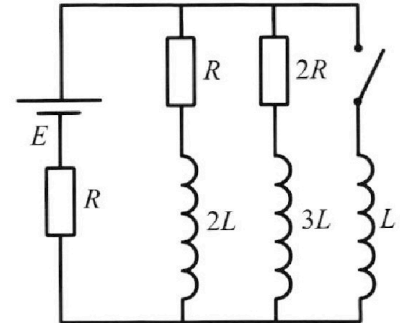
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



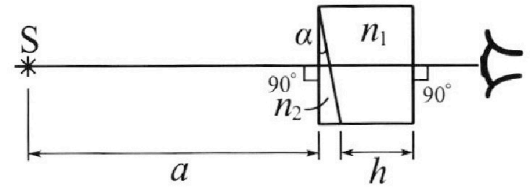
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  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  $a = 200$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  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  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,8$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

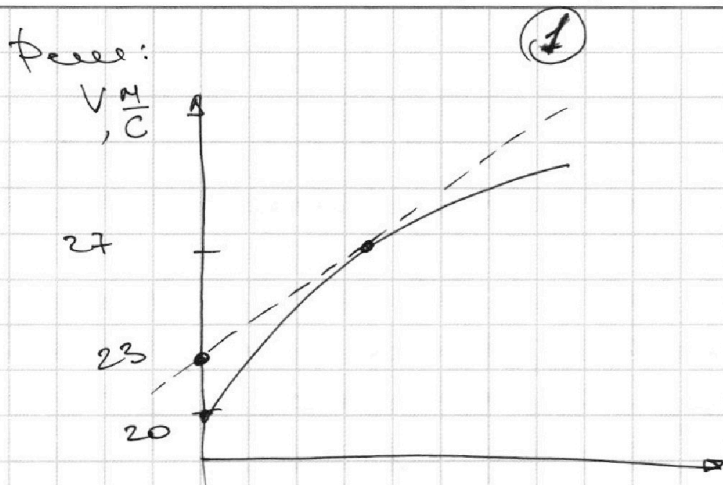
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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) Проведём касательную к графику  $v(t)$ . Т.к. ускорение — это производная по времени, то коэф. наклона кас-ой

проведённой в точке ~~тоже~~  $(14; 27)$  — это и есть  $a$  в этот момент. касательная пересекает ось  $OY$  в точке  $(0; 23)$   $a = \frac{(27-23) \text{ м/с}}{14 \text{ с}} = \frac{2}{7} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) Сила сопротивления движению прямо пропорциональна скорости.

$F_{(t)} = \alpha v(t)$ , где  $\alpha$  — коэф. пропорц.  
В конце скорости  $\approx 30 \text{ м/с}$  (по графику)

Тогда  $F_k = \alpha \cdot v_k \Leftrightarrow \alpha = \frac{F_k}{v_k}$   
( $v_k$  — скорость в конце —  $30 \text{ м/с}$ )

Тогда  $F_1 = \alpha v_1 = F_k \cdot \frac{v_1}{v_k} = 405 \cdot \frac{9}{30} = 121,5 \text{ Н}$   
 $= 405 \cdot \frac{10}{27} = 150 \text{ Н}$   
 $= 405 \cdot \frac{81}{102} = 320,25 \text{ Н}$   
 $= \frac{729}{2} \approx 364,5 \text{ Н}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



3) Заметим, что при  $v = 30 \text{ м/с}$  график практически прямая параллельная  $Ox$ .

Т.е.  $v = const \Rightarrow a = 0$ .

II 3-й закон Ньютона. (или ось со скоростью внешней с направлением гв-ия)

$$m \cdot a_x = F_A - F_k$$

⇔, где  $F_A$  - сила гверзателя

$$F_A = F_k$$

$$N/v_0 = F_k \Leftrightarrow N = v_0 \cdot F_k, \text{ где } N \text{ - мощность}$$

Заметим II 3-й закон Ньютона. (или ось со скоростью внешней с направлением гв-ия)  
мощность в момент, когда  $v(t) = 27 \text{ м/с}$

$$m \cdot a_1(t) = F_{A_2} - F_1$$

$$\left( \begin{aligned} A &= F \cdot \Delta x \quad (: \Delta t) \\ \frac{A}{\Delta t} &= F \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ N &= F \cdot v \\ F &= N/v \end{aligned} \right)$$

$F$  - сила гверзателя

$$m \cdot a_1 = \frac{N}{v_1} - \alpha v_1^2 = \frac{N - \alpha v_1^2}{v_1}$$

$$m \cdot a_1 \cdot v_1 = N - \alpha v_1^2$$

$\alpha v_1^2 = N \cdot \frac{v_1}{v_0}$   $\frac{N}{v_0}$  на преобразование  $F_k$

$$\alpha v_1^2 = N - m \cdot a_1 \cdot v_1$$

$$\frac{\alpha v_1^2}{N} = 1 - \frac{m \cdot a_1 \cdot v_1}{N} = 1 - \frac{m \cdot a_1 \cdot v_1}{v_0 \cdot F_k}$$

$$= 1 - \frac{30 \cdot \frac{2}{7} \cdot 24}{360 = 4 \cdot 5 \cdot 45} = 1 - \frac{2}{345} \cdot \frac{2}{7} =$$

$$= 1 - \frac{4}{21} = \frac{17}{21} \quad \text{Отв: } \frac{17}{21}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

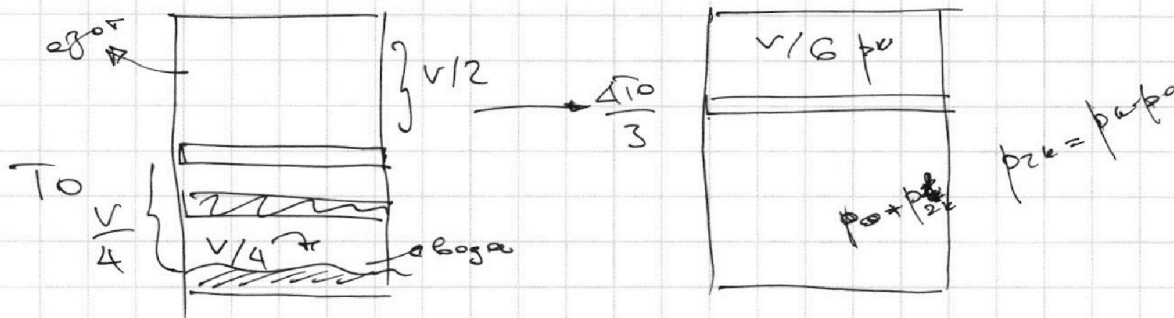
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



2



$$\Delta V = k \omega \omega$$

$$k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мол}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

Решение: Т.к. поршень невесомый, то  
 1)  $p_1 = p_2$  (давление сверху и снизу поршня)  $p_{\text{возд}} = 0$   
 Запишем 3-е уравнение Клапейрона для верхней и нижней частей газа.

1 - верхняя; 2 - нижняя

$$\begin{cases} p_1 \cdot \frac{5V}{4} = \nu N_2 \cdot R \cdot T_0 \\ p_2 \cdot \frac{V}{4} = \nu N_2 \cdot R \cdot T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu N_2}{\nu N_2} = \frac{V_1}{V_2} = 2 \Rightarrow \nu_2 = \frac{\nu_1}{2}$$

Ответ: 2

2) Запишем 3-е уравнение Клапейрона для газа после нагрева

$$\begin{cases} p_k \cdot \frac{V}{6} = \nu N_2 R \cdot \frac{4}{3} T_0 \\ (p_k \cdot \frac{5V}{4}) \cdot \frac{1}{6} = \nu N_2 R \cdot \frac{4}{3} T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu N_2}{\nu N_2} = \frac{V_1}{V_2} = 5 \Rightarrow \nu_2 = 5 \nu_1$$

По 3-му закону Гейм. (кол-во растворенного в воде газа в газе и в воде)  
 $\Delta \nu_k = k \omega \cdot p_1 = k p_1 \cdot \frac{V}{4}$   
 $\Delta \nu_k = k \omega \cdot p_k \approx 0$

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!



$$5 \frac{p_k - p_0}{p_k} = \frac{v_{2k}}{v_{N2}} = \frac{v_{2k}}{v_1}$$

$$v_{2k} = 5 v_1 \left( 1 - \frac{p_0}{p_k} \right) = v_{20} + \Delta v_{2k} = v_{20} + \frac{k v_1}{4} \cdot \phi_1$$

$$v_{20} = \frac{v_1}{2}$$

$$7 \frac{p_k - p_0}{p_k} = \frac{v_{2k}}{v_1}$$

$$v_{2k} = \frac{7}{2} v_1 \left( 1 - \frac{p_0}{p_k} \right) = v_{20} + \Delta v_{2k} = v_{20} + \frac{k v_1}{4}$$

$$v_{20} = \frac{v_1}{2}$$

$$\frac{7}{2} v_1 \left( 1 - \frac{p_0}{p_k} \right) = \frac{v_1}{2} + k \cdot v_{20} \cdot \phi_1$$

$$= \frac{v_1}{2} + k \cdot \frac{v_1}{2} \cdot \phi_1$$

$$\frac{7}{2} v_1 \left( 1 - \frac{p_0}{p_k} \right) = \frac{v_1}{2} (1 + k \phi_1)$$

$$7 - \frac{p_0}{p_k} = 1 + k \phi_1$$

$$\frac{p_0}{p_k} = 6 - k \phi_1$$

$$p_k = \frac{p_0}{6 - k \phi_1} = \frac{p_0}{6 - \frac{3}{4} k \phi_1} = \frac{p_0}{6 - \frac{3}{4} \cdot 0.6 \cdot \frac{v_1}{2}}$$

$$= \frac{p_0}{6 - \frac{9}{20} \cdot \frac{v_1}{10}} = \frac{p_0}{6 - \frac{27}{20}} = \frac{p_0 \cdot 20}{120 - 27} = \frac{20}{93} p_0$$

Отв:  $\frac{20}{93} p_0$

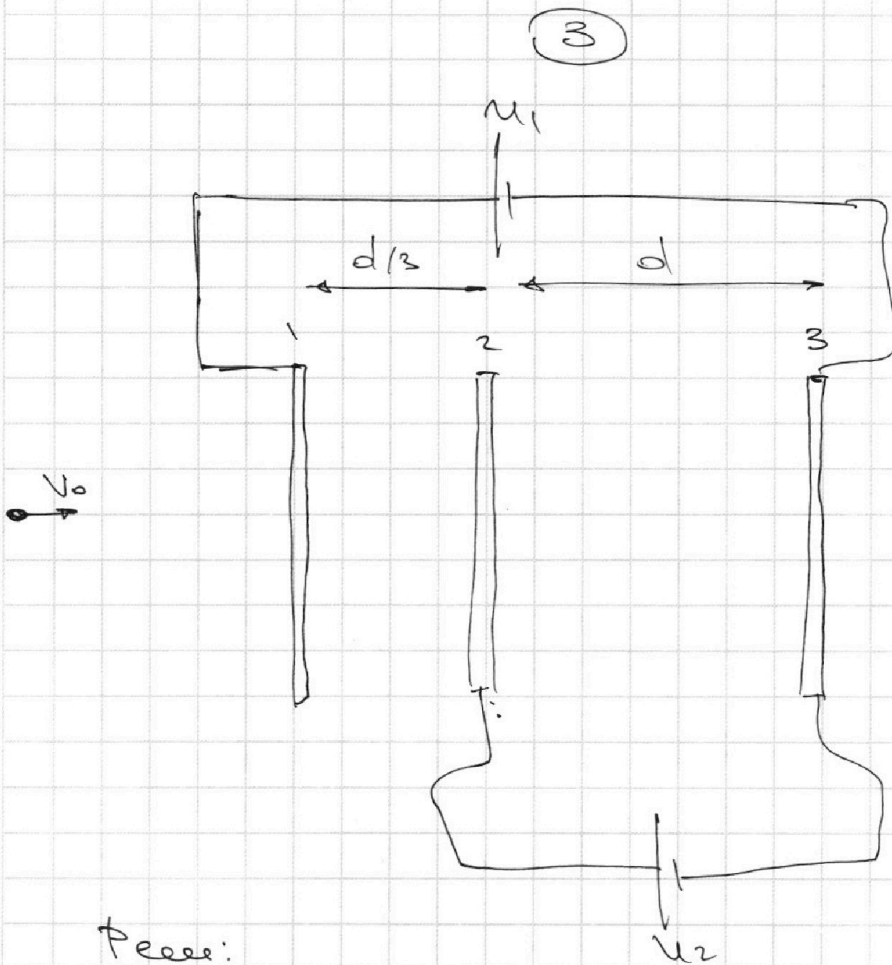
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



Решение:

1) Обозначим  $\varphi_1; \varphi_2; \varphi_3$  - потенциалы  
сеток 1, 2, 3 соответственно.

Тогда,  $\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = E_{23} d$ , где  $E_{23}$   
- напряженность электрического поля между 2 и 3.

$$E_{23} = \frac{U_2}{d}$$

F действует на заряд  $q = F = q E_{23} = \frac{q U_2}{d}$   
по II закону Ньютона

$$F = m a \Leftrightarrow a = \frac{q U_2}{m d} = \text{ответ:}$$

(Т.к. радиусы сетки  $\gg d$ , то  
эл. поле между сетками можно  
считать однородным)

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!

2) Задана сеть  $\Sigma C \ni$  для заданной  
 $(\sum_{k \in \Sigma C} \text{числ. член} = 0)$

Емкостная и индуктивная составляющие  
 от источника  $= 0$

$$K_0 = K_2 + \Pi_2 = K_3 + \Pi_3$$

$\Pi_2, \Pi_3$  - индуктивная э.в.ч.  
 заданной при выборе ветвей 2 и 3  
 сети.

$\Pi = q \cdot \varphi$ , где  $\varphi$  - потенциал данной  
 точки.

Тогда,  $K_3 - K_2 = \Pi_2 - \Pi_3 = q(\varphi_2 - \varphi_3)$   
 $= qU_2$ , т.к. н/у 2 и 3 ветвей  
 присоединена батарея с  
 $\mathcal{E} = U_2$

$$K_3 - K_2 = qU_2 \quad \text{отв: } qU_2 = qU$$

3) Пусть  $E_1, E_2, E_3$  - заряды  
 сетей. Тогда каждая из них создает

т.ч. поле с потенциалом  $\varphi = \frac{q}{2\epsilon_0 d}$ ,  $d \gg$  мин.  
 размер сети  
 $\Rightarrow$  сети можно считать  
 точечными с учетом  $\varphi$

Затем  $\varphi$  - потенциалов сетей.

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 2U = \frac{q_1}{2\epsilon_0 d} \cdot \frac{4d}{3} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 d} \cdot \frac{4d}{3} + \frac{q_2 d}{2\epsilon_0 d}$$

$$= (q_1 - q_3) \cdot \frac{2d}{3\epsilon_0 d} + \frac{q_2 \cdot d}{3\epsilon_0 d}$$



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!

3) Выясним, что движение и/у находится  
2 и 3 - равноускоренное.

$$s = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a}$$

$V_2, V_1$  - скорость в  $t_2$  и  $t_1$ .

$a$  - ускорение

$s$  - перемещение

Тогда,  $V_A$  - скорость при пролёте т.А.

$V_2, V_3$  - скорость 2 и 3

$$d = \frac{V_3^2 - V_2^2}{2a}$$

$$\frac{V_3^2 - V_2^2}{V_A^2 - V_2^2} = \frac{3}{2} \epsilon.$$

$$\frac{2d}{3} = \frac{V_A^2 - V_2^2}{2a}$$

$$\frac{K_3 - K_2}{K_A - K_2} = \frac{3}{2} \epsilon.$$

$$2K_3 - 2K_2 = 3K_A - 3K_2$$

$$3K_A = 2K_3 + K_2 \Leftrightarrow K_A = \frac{2K_3 + K_2}{3}$$

Следовательно:

$$K_A + \Pi_A = K_3 + \Pi_3$$

$$\frac{2K_3 + K_2}{3} + \Pi_A = K_3 + \Pi_3$$

$$\Pi_A - \Pi_3 = \frac{3K_3 - 2K_3 - K_2}{3} = \frac{K_3 - K_2}{3} = \frac{qU}{3}$$

$$\varphi_A - \varphi_3 = \frac{U_0}{3}$$

Следовательно, это все и есть потенциал

$$E_{сир, в 3} = E_3 + E_1 + E_2 = \left( \frac{3}{4} + 1 + \frac{1}{8} \right) E_1 = \frac{13}{8} E_1$$

Если  $E_3 = \frac{13}{8} E_1$ , то и есть все

результаты стороны.  $\Rightarrow$  и есть все

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!



система будет состоять из одного.

$$\varphi = \int E(x) \cdot dx \Rightarrow |\varphi_1| = |\varphi_2|$$

$$\Rightarrow \text{Тогда } \varphi_2 = 0$$

$$\text{Тогда } \varphi_A = \frac{2E_{23}d}{3}$$

ЗС:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mVA^2}{2} + \varphi_A = \frac{mVA^2}{2} + \frac{2d}{3} E_{23}$$

$$VA^2 = V_0^2 - \frac{4d}{3} E_{23}$$

$$VA = \sqrt{V_0^2 - \frac{4}{3} d \cdot \frac{U}{d}} = \sqrt{V_0^2 - \frac{4}{3} U} = \text{Отв:}$$

Найдём точку в которой  $\varphi = 0$  и

это не бесконечно удалённая точка.

1 и 3 заряда создают положительный потенциал, 2 - отрицательный.

$$\varphi \sim \frac{q}{x} \quad x - \text{р-ие от центра (2)}$$

$$\frac{q}{3+x} = \frac{q}{\frac{d}{3}+x} + \frac{3}{4} \frac{q}{d-x}$$

$$\frac{1}{3+x} = \frac{3}{d+3x} + \frac{3}{4(d-x)}$$

$$\frac{(d+3x)(d-x)}{3x(d-x)(d+3x)} = \frac{3(d-x)x}{3x(d+3x)(d-x)} + \frac{6x(d+3x)}{4(d-x)(d+3x)}$$

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!

$$d^2 - dx + 3dx - 3x^2 = 6dx - 6x^2 + 6dx + 18x^2$$

$$0 = 14dx - d^2 + 15x^2$$

$$0 = (d+x)(15x-d) \quad \text{г.} \quad x = \frac{d}{15} \quad \text{вычево}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \varphi_A &= -E_{23} \left( \frac{2d^{15}}{3} - \frac{0d}{15} \right) = \\ &= E_{23} \left( \frac{9d}{15} \right) = E_{23} \cdot \frac{3d}{5} \end{aligned}$$

ЗСД:

$$\frac{mV_0^2}{2} + 0 \stackrel{q\varphi_\infty=0}{=} \frac{mVA^2}{2} + \varphi_A \quad \text{г.}$$

$$V_0^2 = VA^2 + \frac{2\varphi_A}{m} \quad \text{г.}$$

$$VA^2 = V_0^2 - \frac{2\varphi_A}{m} \quad \text{г.}$$

$$VA = \sqrt{V_0^2 + \frac{2}{m} \cdot \frac{3d}{5} \cdot \frac{q\varphi}{d}} = \sqrt{V_0^2 + \frac{6q\varphi}{5m}}$$

= ответ:

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

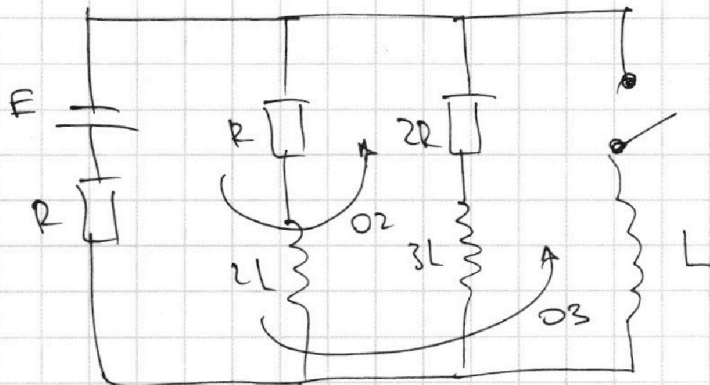
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



(4)



1) Реши: процесс установился  $\Rightarrow$  ток через катушки  $\dot{I}$  не меняется

$\Rightarrow \dot{E}_{\text{сум}} = 0$  ( $\Rightarrow$  закон сохранения энергии)

$$\dot{I}_R \cdot R = \dot{I}_1 \cdot 2R = \dot{I}_2 \cdot 2R$$

$$\dot{I}_1 = 2\dot{I}_2 \quad (\text{ток через } 2L)$$

Пр-но Кирхгофа для  $O_2$ :

$$E = 3\dot{I}_2 R + \dot{I}_2 \cdot 2R = 5\dot{I}_2 R$$

$$\dot{I}_2 = \frac{E}{5R} = 0,2 \cdot \frac{E}{R}$$

2)  $i_L = ?$  Ток через катушки  $2L$  и  $3L$  не меняется мгновенно  $\Rightarrow$  ток через индукцию  $\dot{I}$  по  $3L$ .

Пр-но Кирхгофа для  $O_3$ :

$$E + \dot{E}_{\text{сум}} = 3\dot{I}_2 R$$

$$\dot{E}_{\text{сум}} = -\frac{2E}{5R} \quad \text{и} \quad L \cdot \frac{di}{dt} = \frac{2E}{5R}$$

$$\frac{di}{dt} = \dot{i}_L = \frac{2E}{5RL} = 0,2 \cdot \frac{E}{RL}$$

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!

3)  $q_{2R}$  при замыкании ключа.

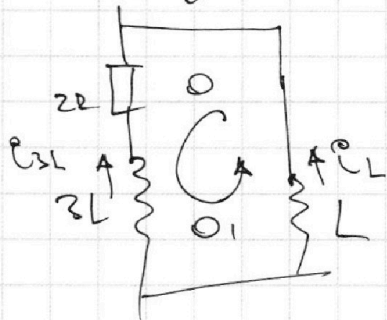
Замыкаем Кр-ко по Киргофа для одного

ОЗ для нового стационарного режима

$$\mathcal{E}_{\text{сст}} + E = \mathcal{I}_L R, \quad \text{но } \mathcal{E}_{\text{сст}} = 0 \quad \mathcal{I}_L = \frac{E}{R}$$

$$\Rightarrow E = \mathcal{I}_L R \Rightarrow \text{ток через } 2L \text{ и } 3L$$

теже не будет, всё падает на резисторе  $R$  (подойдет с короткой)



Замыкаем Кр-ко Киргофа для О1.

$$\mathcal{E}_{\text{сст } L} - \mathcal{E}_{\text{сст } 3L} = -2 \mathcal{I}_{3L} R$$

$$-L \cdot \frac{d\mathcal{I}_L}{dt} + 3L \cdot \frac{d\mathcal{I}_{3L}}{dt} = -2 \mathcal{I}_{3L} R$$

$$L \cdot \frac{d\mathcal{I}_L}{dt} - 3L \cdot \frac{d\mathcal{I}_{3L}}{dt} = 2 \mathcal{I}_{3L} R \quad | \cdot dt$$

$$L (d\mathcal{I}_L - 3d\mathcal{I}_{3L}) = 2R \cdot (\mathcal{I}_{3L} \cdot dt) \quad | \int_0^q$$

$$L (4 \cdot \mathcal{I}_L - \mathcal{I}_{3L}) - 3(\mathcal{I}_{3L} - \mathcal{I}_L) = 2Rq$$

$dq$  — время установившегося режима

$$L (0 + \mathcal{I}_L - 3 \cdot 0 + 3 \cdot \mathcal{I}_L) = 2Rq$$

$$L \left( \frac{E}{R} + \frac{3E}{5R} \right) = 2Rq$$

$$q = \frac{L \cdot 2E}{5R^2} = \frac{2EL}{5R^2} = 0,4 \text{ вб.}$$

Ответ:  $\frac{2LE}{5R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

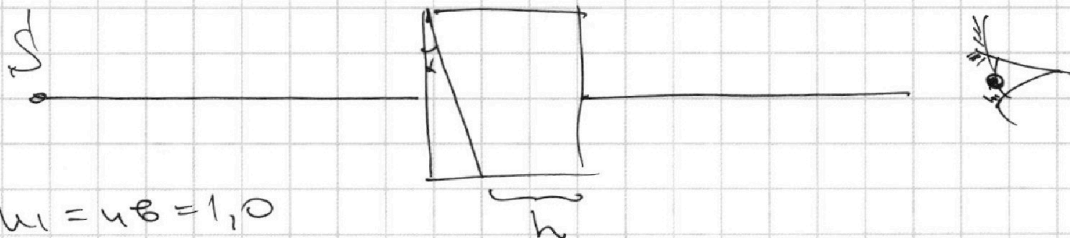
1  2  3  4  5  6  7



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



$\omega = 2000 \text{ с}^{-1}$   $\alpha = 0,05 \text{ рад}$   $h = 9 \text{ см}$



1)  $n_1 = n_2 = 1,0$   
 $n_2 = 1,6$

По 3-му Снеллиуса

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

$\alpha, \beta$  - малы

Тогда  $n_2 \alpha \approx n_1 \beta$

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

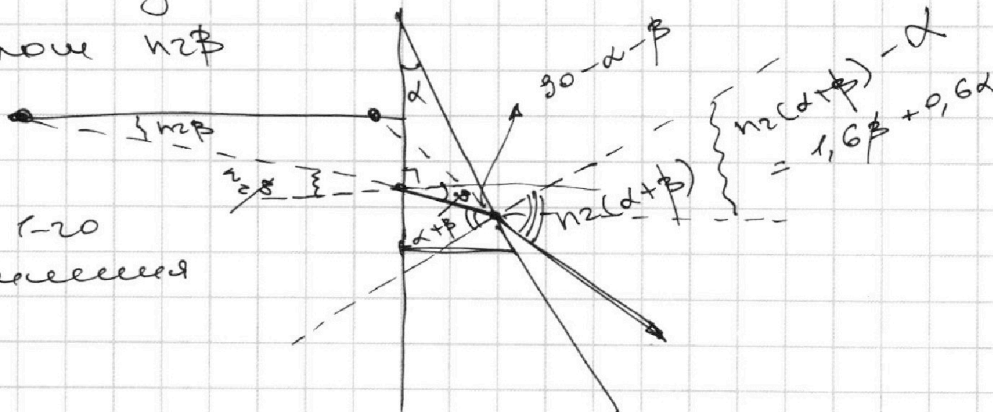
$\alpha - \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \frac{n_2}{n_1} \alpha = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) = -0,6 \alpha$

угол отклонения  $= 0,6 \alpha = 0,6 \cdot 0,05 =$

$= 30 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$   $\text{отв. } 3 \cdot 10^{-2}$

2) Путь луч на поверхности

по углу  $n_2 \beta$



После того  
как вычислено



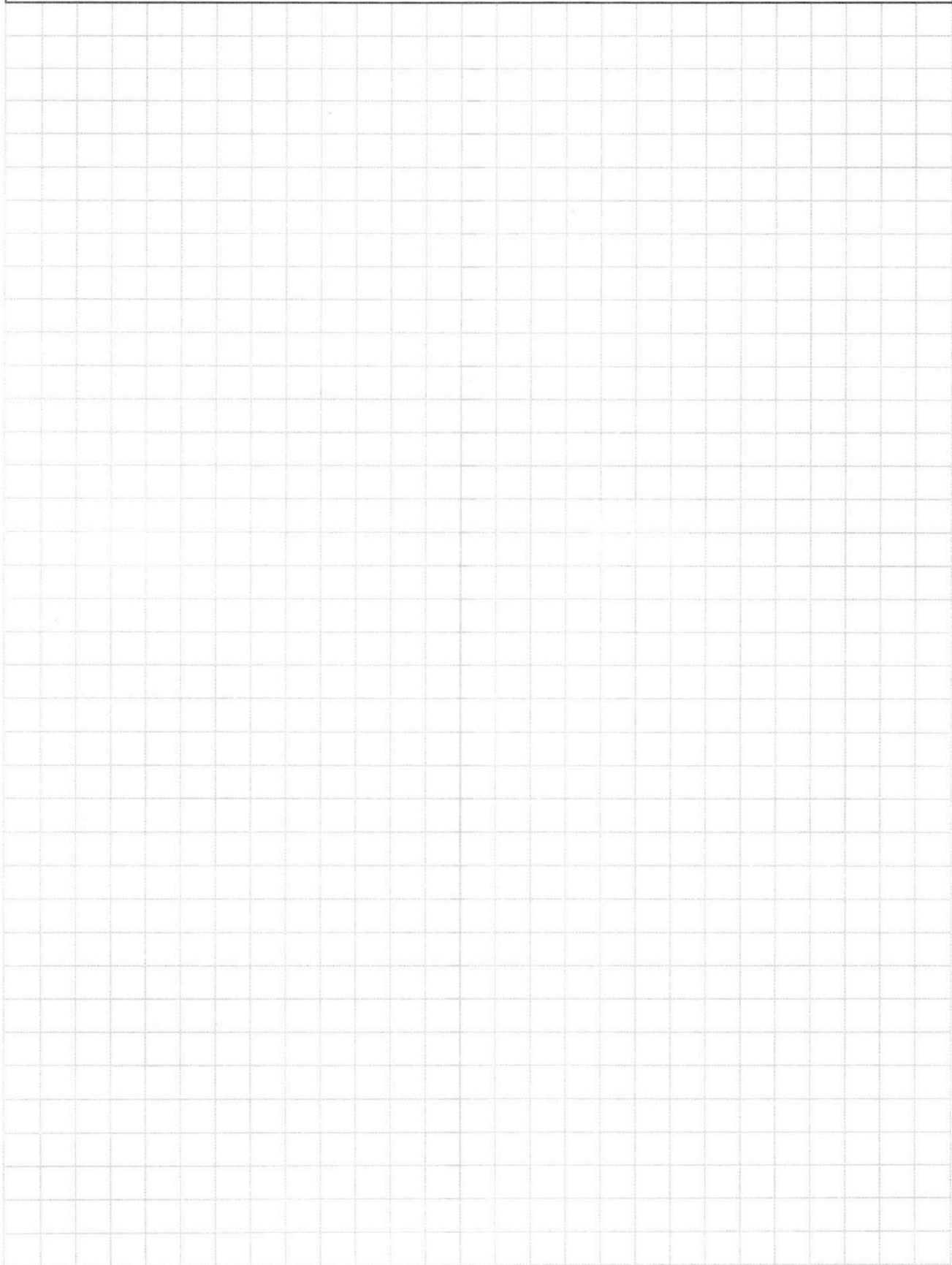
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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**

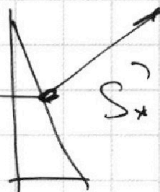
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2) Т.к. теллурическая преломляет  $n_2 \ll n_1$ , то  
необдуманно будет считать, что лучи  
выходят из  $S_1$

Тогда  $h \approx a = 200 \text{ см}$

Отв: 200 см

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



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



Обозначим силы  $E_1, E_2, E_3$  — ~~как~~ ~~эти~~ ~~силы~~,  
создаваемые ~~сегментами~~ ~~1; 2; 3~~.

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \omega = (E_1 + E_2 - E_3)d$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = 2\omega = \frac{E_1 \cdot d d}{3} + \frac{E_2 \cdot 2d}{3} - \frac{E_3 \cdot d d}{3}$$

$$\omega = \frac{2E_1 + E_2 - 2E_3}{3}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{E_1 - E_2 - E_3}{3} d = -\omega$$

Решим систему.

$$\begin{cases} 2E_1 + E_2 - 2E_3 = E_1 - E_2 - E_3 \\ 3(E_1 + E_2 - E_3) = 3(E_1 - E_2 - E_3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1 + 2E_2 - E_3 = 0 \\ 2E_1 - 4E_2 - 2E_3 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} E_1 + 4E_2 - 2E_3 = 0 \\ 2E_1 - 4E_2 - 2E_3 = 0 \end{cases}$$

$$3E_1 = 4E_3 \Rightarrow E_3 = \frac{3}{4}E_1$$

$$E_2 = \frac{E_3 - E_1}{2} = \frac{\frac{3}{4}E_1 - E_1}{2} = -\frac{1}{8}E_1$$

Найдём точку внутри нашей системы  
в которой  $\varphi = 0$ .  $\varphi \sim \frac{q}{r}$ , где  $r = d - x$

$x$  — расстояние от центра 2.

$$\text{Тогда } \varphi(x) = k \left( \frac{-q}{8x} + \frac{3q}{4(d-x)} + \frac{q}{\left(\frac{d}{2} + x\right)} \right) = 0$$

$$-\frac{1}{8x} + \frac{3}{4(d-x)} + \frac{3}{d+3x} = 0$$

$$-(d-x)(d+3x) + 6x(d+3x) + 6(x)(d-x) = 0$$

$$3x(d-x)(d+3x)$$

$$\begin{aligned} 2(K_3 - K_2) &= K_A - K_3 \\ K_A &= K_3 + 2(K_3 - K_2) \\ &= 3K_3 - 2K_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_2 - \varphi_3 &= \omega \\ \varphi_1 - \varphi_3 &= 2\omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_3 - 2K_2 + EA &= K_3 + E_3 \\ K_A + EA &= K_3 + E_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2K_3 - 2K_2 + EA &= K_3 + E_3 \\ E_3 &= EA + 2(K_3 - K_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_3 - EA &= 2(K_3 - K_2) = 2q \\ \varphi_3 - \varphi_A &= 2q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{K_3 - K_2}{K_A - K_3} &= \frac{1}{2} \\ \frac{K_3 - K_2}{2} &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

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!

МФТИ



$$\varphi_A - \varphi_B = E \cdot d$$

$$K_A + T_A$$

$$E \cdot \varphi_1 + \varphi_1 = K_2 + \varphi_2 = K_3 + \varphi_3 =$$

$$\frac{w \cdot U_0^2}{2}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \frac{E \cdot d}{2}$$

$$\varphi_2 - 0 = \varphi_3$$

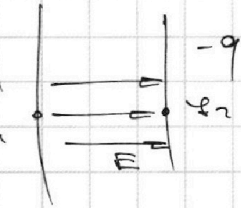
$$\varphi_3 - 0 = \varphi_3$$

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

$$\varphi_{23} = \frac{q}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot S}$$

$$\varphi_{13} = \frac{2q}{\epsilon_0 \cdot S}$$

$$\varphi_{12} = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot S}$$



$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot S}$$

$$\frac{q}{U} = C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$\frac{E_1 - E_2 - E_3}{d} \cdot d = U = E_1 d - E_3 d + E_2 d$$

$$E_1 - E_2 - E_3 = 3E_1 - 3E_3 + 3E_2$$

$$0 = 2E_1 + 4E_3 + 4E_2$$

$$2U = \frac{E_1 \cdot 4d}{3} + \frac{E_2 \cdot 2d}{3} + \frac{E_3 \cdot 4d}{3}$$

$$U = \frac{2E_1 + E_2 - 2E_3}{3} = \frac{E_1 - E_2 - E_3}{3}$$

$$\begin{cases} E_1 + 2E_2 + E_3 = 0 \\ 2E_1 - E_3 + 4E_2 = 0 \end{cases}$$

$$2E_1 + 4E_2 = 0$$

$$E_1 = -2E_2 \quad E_2 = -\frac{E_1}{2}$$

$$\begin{cases} 2E_1 + 4E_2 - 2E_3 = 0 \\ 2E_1 - E_3 + 4E_2 = 0 \end{cases}$$

$$2E_2 \cdot 4d + \frac{2d}{3} E_2 =$$

$$\frac{E_1 \cdot 4d}{3} = U$$

$$\frac{E_1}{2} \cdot \frac{2d}{3} = E_1 \cdot d = 2U$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{w \cdot U_0^2}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



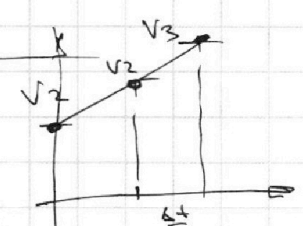
$$\frac{v_3^2 - v_2^2}{2a}$$

~~2~~ (3)

$$-(d^2 + 3xd - xd - 3x^2) + 6(dx + 3x^2) + 6(dx - x^2) = 0$$

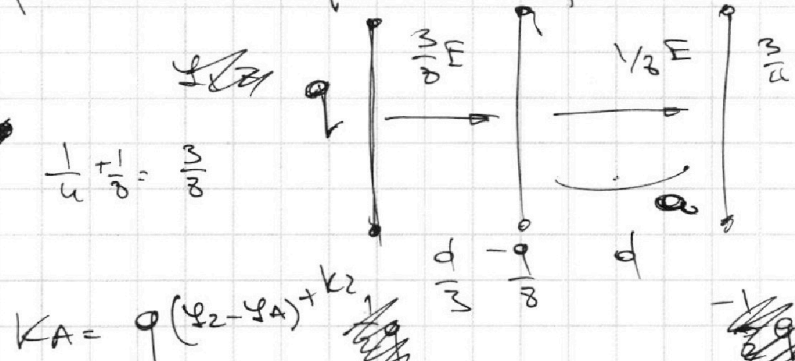
$$-d^2 - 2xd + 3x^2 + 6dx + 18x^2 + 6dx - 6x^2 = 0$$

$$-d^2 + 10dx + 15x^2 = 0$$



$$q\varphi_2 + \varphi_2 a = q\varphi_A + K_A = q\varphi_3 + K_3$$

$$S = \frac{v_3 + v_2}{2} (t_3 + t_2) = \frac{v_3^2 - v_2^2}{2a}$$



$$\frac{q}{x_1} = \frac{3q}{x_2}$$

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{3}{4}$$

$$x_2 = \frac{3}{4} x_1$$

$$x_1 + x_2 = \frac{7}{4} x_1 = \frac{4}{5} d$$

$$K_A = q(\varphi_2 - \varphi_A) + K_2$$

$$K_A = q(\varphi_3 - \varphi_A) + K_3$$

$$K_3 - K_2 = \frac{mg}{2} (v_3 - v_2)$$

$$v_3 - v_2 = at$$

$$v_3 = v_2 + at$$

$$v_3 - v_2 = at$$

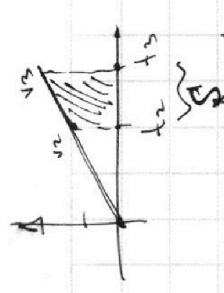
$$d = v_2 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\frac{2d}{3} = v_2 t + \frac{at^2}{2}$$

$$K_3 - K_2 = q\ell_0 = \frac{mg}{2} \cdot at + (v_3 + v_2)$$

$$\begin{cases} v_3 + v_2 = \frac{2q\ell_0}{m \cdot at} - at \\ v_3 - v_2 = at \end{cases}$$

$$v_3 = \frac{q\ell_0}{m \cdot at} + \frac{at}{2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$\frac{3}{4x} - \frac{1}{4d-x} + \frac{1}{8(d-x)} = 0$$

$$\frac{3}{4x} - \frac{3}{4d-3x} = 0$$

$$\frac{3(4d-3x-4x)}{4x(4d-3x)} = 0$$

$$3(4d-7x) = 0$$

$$12d - 21x = 0$$

$$4d - 7x = 0$$

$$4d = 7x$$

$$x = \frac{4d}{7}$$

$$\frac{3}{4x} - \frac{1}{4d-x} = \frac{1}{8(d-x)}$$

$$\frac{3}{4x} - \frac{1}{4d-x} - \frac{1}{8(d-x)} = 0$$

$$\frac{3(4d-3x-4x) - 4x(4d-3x)}{4x(4d-3x)(4d-x)} = 0$$

$$\frac{3(4d-7x) - 4x(4d-3x)}{4x(4d-3x)(4d-x)} = 0$$

$$12d - 21x - 16dx + 12x^2 = 0$$

$$12d^2 - 24dx + 42x^2 - 16dx + 39x^2 = 0$$

$$12d^2 - 40dx + 81x^2 = 0$$

$$4d^2 - 10dx + 7x^2 = 0$$

$$(4d - 7x)(d - x) = 0$$

$$4d - 7x = 0 \Rightarrow x = \frac{4d}{7}$$

$$d - x = 0 \Rightarrow x = d$$

$$F_1 - F_3 = 2W = (F_1 - F_3)d + F_2 \cdot 2d$$

$$W = (F_1 + F_2 - F_3)d$$

$$W = (F_1 + F_2 - F_3) \cdot d$$

$$F_1 + F_2 - F_3 = F_1 - F_2 - F_3$$

$$3(F_1 + F_2 - F_3) = F_1 - F_2 - F_3$$

$$3F_1 - 3F_3 + 2F_2 = F_1 - F_2 - F_3$$

$$2F_1 - 2F_2 - 2F_3 = 0$$

$$F_1 - F_2 - F_3 = 0$$

$$2F_1 + 4F_2 + 2F_3 = 0$$

$$F_2 = 0$$

$$F_1 - F_2 = 0 \Rightarrow F_1 = F_2$$

$$F_1 = F_3$$