



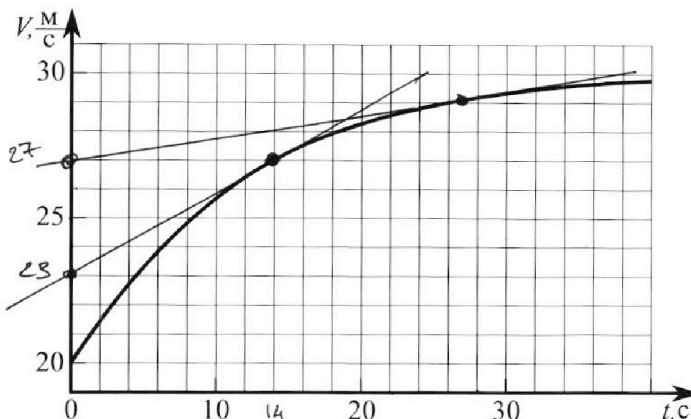
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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/с²

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%.

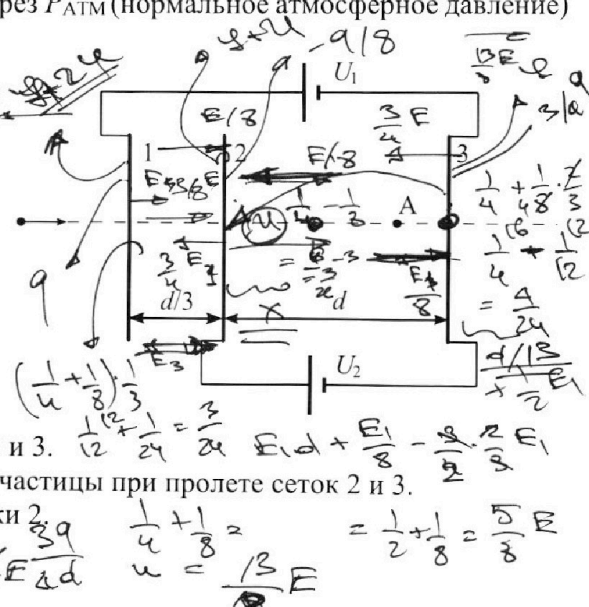
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 Δn 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/(м³·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.

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

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-02

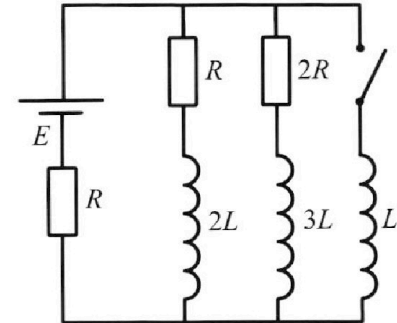
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



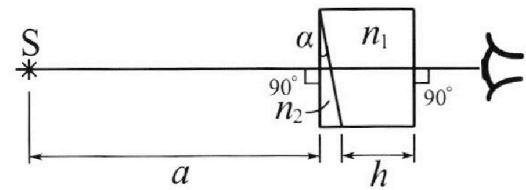
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

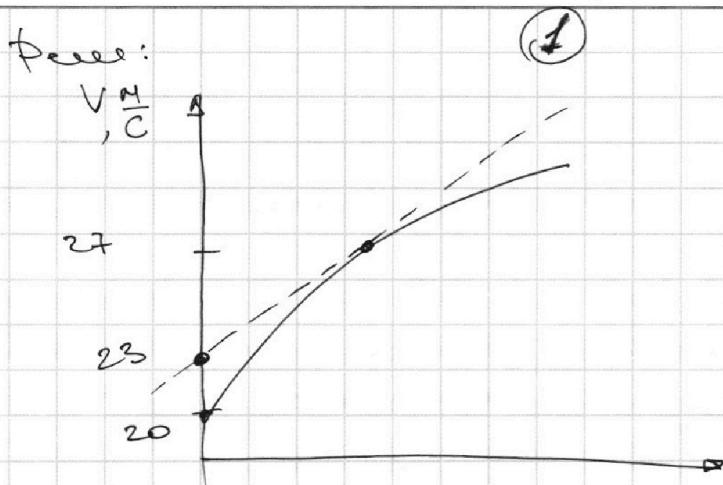
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $(14; 27)$ — 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 α — 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 м/с)

Тогда $F_1 = \alpha v_1 = F_k \cdot \frac{v_1}{v_k} = 405 \cdot \frac{9}{30} = 121,5 \text{ Н}$
 $= 405 \cdot \frac{3}{10} = 121,5 \text{ Н}$

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. $v = \text{const} \Rightarrow \omega = 0$.

II 3-й закон Ньютона. (или ось соосна внешней с направлением гв-ия)
 $m \cdot \omega_x = F_A - F_k$, где F_A - сила гверзателя

$F_A = F_k$

$N/v_0 = F_k \Leftrightarrow N = v_k \cdot F_k$, где N - мощность

Заметим II 3-й закон Ньютона. момент времени, когда $v(t) = 27 \text{ м/с}$

$m \cdot a_1(t) = F_{A2} - F_1$

$A = F \cdot \Delta x \quad (: \Delta t)$
 $\frac{A}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$
 $N = F \cdot v$
 $F = N/v$

$m \cdot \omega_1 = \frac{N}{v_1} - \alpha v_1 =$
 $= \frac{N - \alpha v_1^2}{v_1}$

$m \cdot \omega_1 \cdot v_1 = N - \alpha v_1^2$
 $\alpha v_1^2 = N - m \cdot a_1 \cdot v_1$

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

$= 1 - \frac{30 \cdot \frac{2}{7} \cdot 27}{360 \cdot 45} = 1 - \frac{2}{345} \cdot \frac{2}{7} =$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

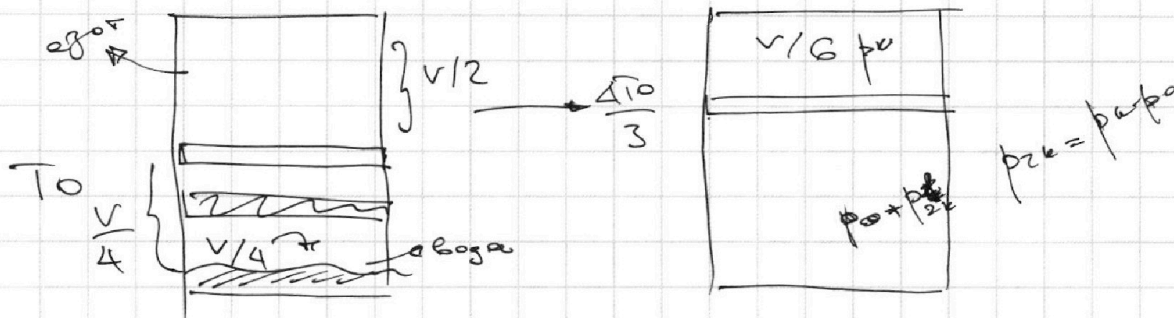
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



2



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

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

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 сосуда.

1 - верхняя; 2 - нижняя

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

Отв: 2

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

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

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{p_0}{6 - \frac{9}{20} \cdot \frac{v_1}{v_1} \cdot \phi_1} = \frac{p_0}{6 - \frac{27}{20}} = \frac{p_0 \cdot 20}{120 - 27} = \frac{20}{93} p_0$$

Отв: $\frac{20}{93} p_0$

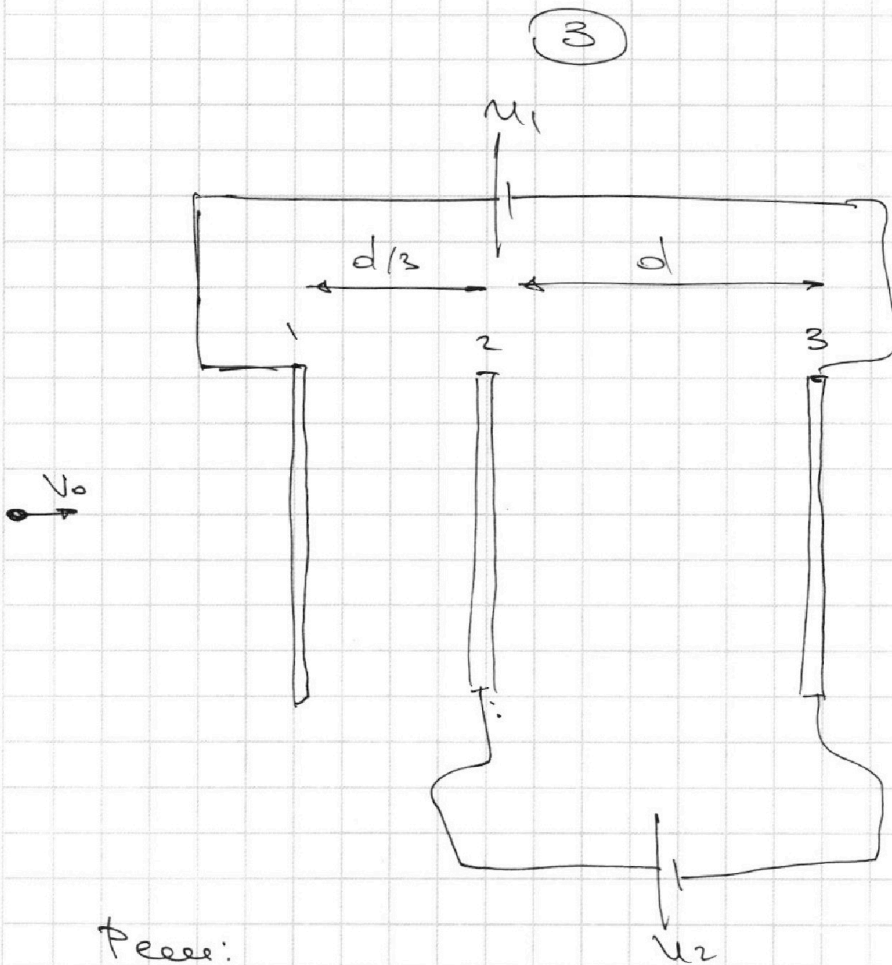
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 точек 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 $q = F = qE_{23} = \frac{qU_2}{d}$
по II закону Ньютона

$$F = ma \Leftrightarrow a = \frac{qU_2}{dme} = \text{ответ:}$$

(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
<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!

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

Емкостная нагрузка на базисной узле
от $\text{числ. член} = 0$

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

Π_2, Π_3 - емкостная нагрузка
узлов при работе сетей 2 и 3
сети.

$\Pi = q \cdot \Phi$, где Φ - емкостная нагрузка
узла.

$$\begin{aligned} \text{Тогда, } K_3 - K_2 &= \Pi_2 - \Pi_3 = q(\Phi_2 - \Phi_3) \\ &= qU_2, \text{ т.к. н/у 2 и 3 узлы} \\ &\text{присоединены к сети с} \\ &\text{U.C. = } U_2 \end{aligned}$$

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

3) Пусть q_1, q_2, q_3 - заряды
сетей.

Тогда емкость из всех сетей
н. поле с зарядом $E = \frac{q}{2\epsilon_0 d}$, $d \gg$ мин.
размер сетей

\Rightarrow сети можно считать
несвязными с помощью Φ
Затем Φ - потенциалов сетей.

$$\begin{aligned} \Phi_1 - \Phi_3 &= U_1 = 2U = \frac{q_1}{2\epsilon_0 d} \cdot \frac{4d}{3} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 d} \cdot \frac{4d}{3} + \frac{q_2 d}{2\epsilon_0 d} \\ &= (q_1 - q_3) \cdot \frac{2d}{3\epsilon_0 d} + \frac{q_2 \cdot d}{\epsilon_0 d} \end{aligned}$$

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!

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

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

V_2, V_1 - скорости в t_2 и t_1 .

a - ускорение

s - перемещение

Тогда, V_A - скорость при пролёте т.А.

V_2, V_3 - скорости 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 системы

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

Если $E_3 = \frac{13}{8} E_1$, то направление в

результате стрелки. \Rightarrow поле в

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 зарядов создают положительный потенциал, 2 - отрицательный.

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \varphi_A &= -Ez_3 \left(\frac{2d^{15}}{3} - \frac{0d}{15} \right) = \\ &= Ez_3 \left(\frac{9d}{15} \right) = Ez_3 \cdot \frac{3d}{5} \end{aligned}$$

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:

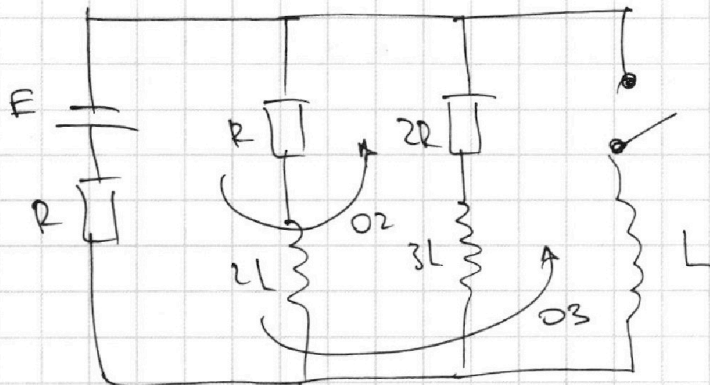
1 2 3 4 5 6 7

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 АС соизмеримы)

$$\dot{I}_R \cdot R = \dot{I}_1 \cdot 2R = \dot{I}_2 \cdot 2R = \dot{I}_3 \cdot R$$

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

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 катушку L по сщ по $3\dot{I}_2$.

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

МФТИ

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.

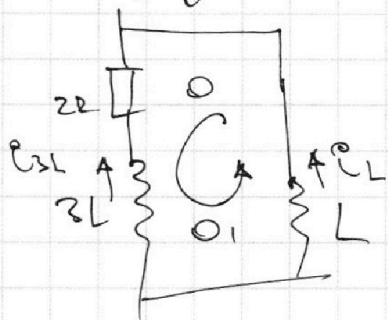
Замыкаем Кр-ко по Киргофа для одного

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.

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

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

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

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

$$L (4 - \mathcal{I}(\tau) + \mathcal{I}(\infty)) - 3(\mathcal{I}(\infty) - \mathcal{I}(\tau))$$

$$= 2Rq$$

$$L (0 + \mathcal{I}_L - 3 \cdot 0 + 3 \cdot \mathcal{I}_{20}) = 2Rq$$

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

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

$$\text{Ответ: } \frac{2LE}{5R^2}$$

dq τ -время
установившегося
тока

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

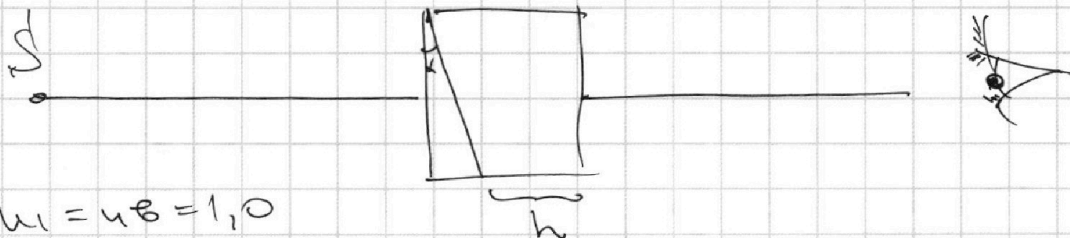
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$\omega = 20000 \text{ рад/с}$ $\alpha = 0,05 \text{ рад}$ $h = 9 \text{ см}$



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

По 3-му Снеллиуса

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

α, β - малы

Тогда $n_2 \alpha \approx n_1 \beta$

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

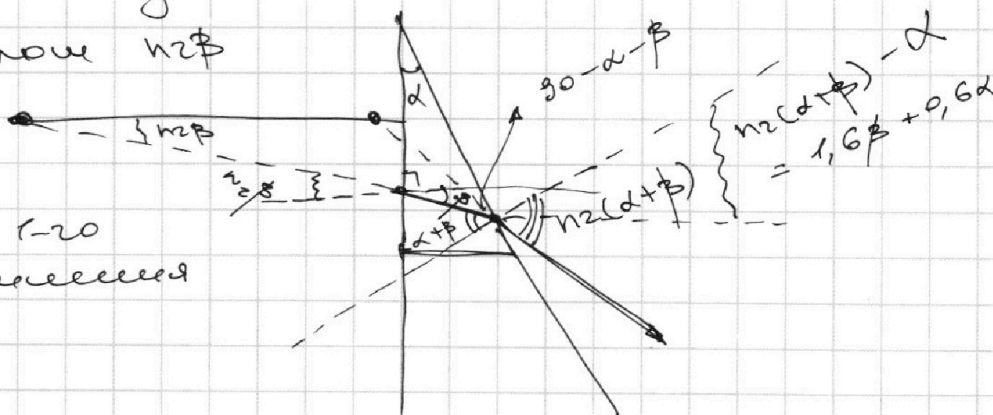
$\alpha - \beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha - \frac{n_2}{n_1} \alpha = \alpha \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) = -0,6 \alpha$

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) Пускаем луч на поверхность

под углом $n_2 \beta$



После того как луч

$n_2(\alpha + \beta) - \alpha = 1,6\beta + 0,6\alpha$



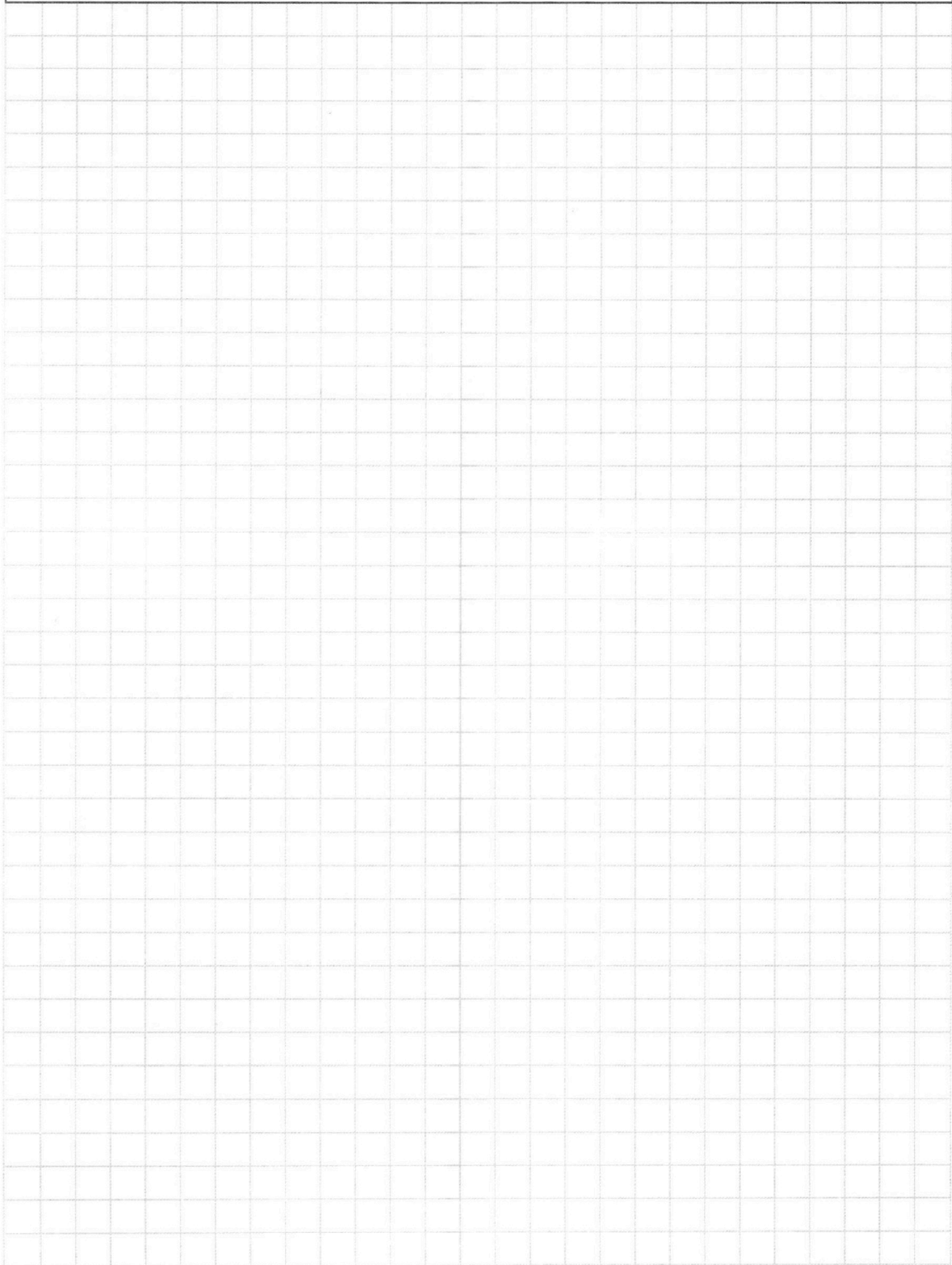
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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~~ ~~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 — расстояние от точки до сегмента 2.

x — расстояние от центра 2.

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

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

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

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

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

$$\frac{\sqrt{3}^2 - \sqrt{2}^2}{\sqrt{3}^2 - \sqrt{2}^2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{K_3 - K_2}{K_A - K_3} = \frac{1}{2}$$

$$2(K_3 - K_2) = K_A - K_3$$

$$K_A = K_3 + 2(K_3 - K_2)$$

$$= 3K_3 - 2K_2$$

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

$$\varphi_1 - \varphi_3 = 2\omega$$

$$K_3 - 2K_2 + EA = K_3 + E_3$$

$$K_A + EA = K_3 + E_3$$

$$2(K_3 - K_2) + EA = K_3 + E_3$$

$$E_3 = EA + 2(K_3 - K_2)$$

$$E_3 - EA = 2(K_3 - K_2) = 2qR$$

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



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

$$K_A + T_A$$

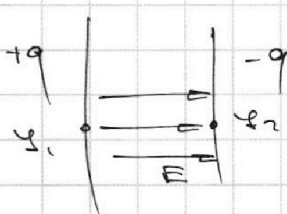
$$E \cdot \varphi_1 + \varphi_1 = K_2 + \varphi_2 = K_3 + \varphi_3 =$$

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

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

$$\varphi_2 = \varphi_3$$

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



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

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon_1}$$

$$\frac{q}{U} = C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1}{d}$$

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

$$E_1 - E_2 - E_3 = 3E_1 - 3E_3 + 2E_2$$

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

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

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

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

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

$$2E_1 + 4E_2 = 0$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{q}{3} \cdot \frac{d}{3}$$

$$\frac{E \cdot d}{2}$$

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

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!



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

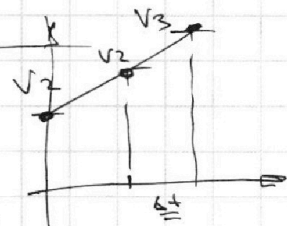
$$-(d^2 + 3xd - xd - 3x^2) + 6(dx + 3x^2) + 6(dx - x^2) = 0$$

$$\frac{2d}{3}$$

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

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

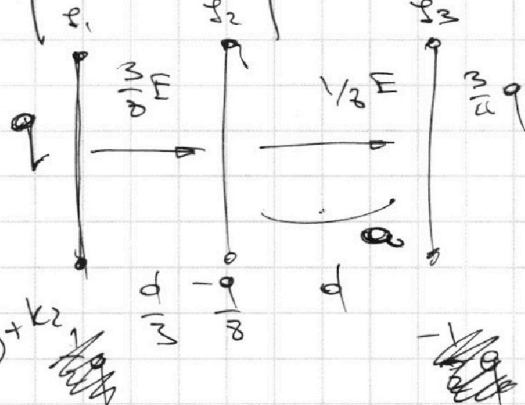
~~φ₁~~ φ₂ φ₃



$$q\phi_2 + K_2 = q\phi_A + K_A = q\phi_3 + K_3$$

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

$$\frac{1}{a} \frac{d}{t} = \frac{v_3 - v_2}{a}$$



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

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

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

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

$$K_A = q(\phi_2 - \phi_A) + K_2$$

$$K_A = q(\phi_3 - \phi_A) + K_3$$

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

$$v_3 - v_2 = at$$

$$v_3 = v_2 + at$$

$$v_3 - v_2 = at$$

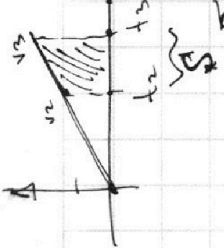
$$d = v_2 t + \frac{at^2}{2}$$

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

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

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

$$v_3 = \frac{q\ell}{mat} + \frac{at}{2}$$



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!



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

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

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

$$0 = \frac{3(4d-7x)}{4x(4d-3x)} + \frac{1}{8(d-x)}$$

$$0 = \frac{3(4d-7x)(d-x) + 4x(4d-3x)}{8x(4d-3x)(d-x)}$$

~~$$f_2 - f_3 = u = \frac{(q_2 - q_3)d}{2 \cos \theta}$$

$$= \frac{(q_1 + q_2 - q_3)d}{2 \cos \theta}$$

$$f_1 - f_2 = u = \frac{(q_1 - q_2 - q_3)d}{2 \cos \theta}$$

$$q_1 + q_2 - q_3 = q_1 - q_2 - q_3$$

$$q_2 = 0$$

$$2u = \frac{(q_1 - q_3) \cdot 2d}{3 \cos \theta}$$~~

$$f_1 - f_3 = 2u = (E_1 - E_3)d + E_2 \cdot 2$$

$$u = \frac{(E_1 + E_2 - E_3)d}{2}$$

$$u = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot d$$

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

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

$$3E_1 - 3E_3 + 2E_2 = E_1 - E_2 - E_3$$

$$3E_1 - 3E_3 + 2E_2 = 2E_1 - 2E_2 - 2E_3$$

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

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

$$E_2 = 0$$

$$6(4d^2 - 4dx - 7dx + 4x^2) + 4dx - 3x^2$$

$$= 24d^2 - 60dx + 42x^2 + 4dx - 3x^2$$

$$= 24d^2 - 56dx + 39x^2$$

$$E_1 - E_2 = 0$$

$$E_1 = E_2$$