



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

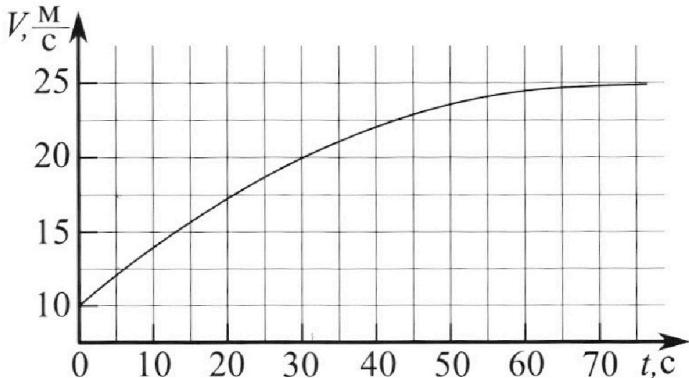


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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%.

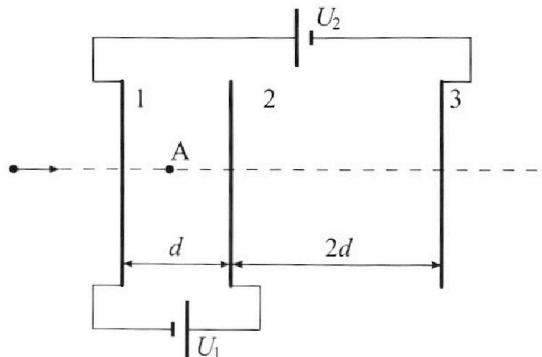


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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) Определить начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{АТМ}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

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



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

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

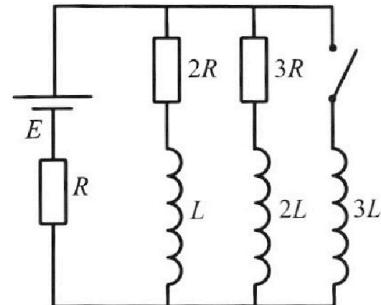
Вариант 11-01

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

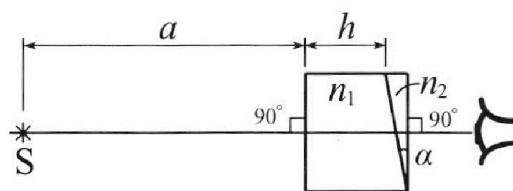
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

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

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. 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.



- 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.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

Задача 1.

Dано:

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_k = 500 \text{ Н}$$

$$F_c \sim v^2, V_1 = 20 \text{ м/с}$$

1) ~~α~~ ускорение - ?

2) F - ?

3) P - ?

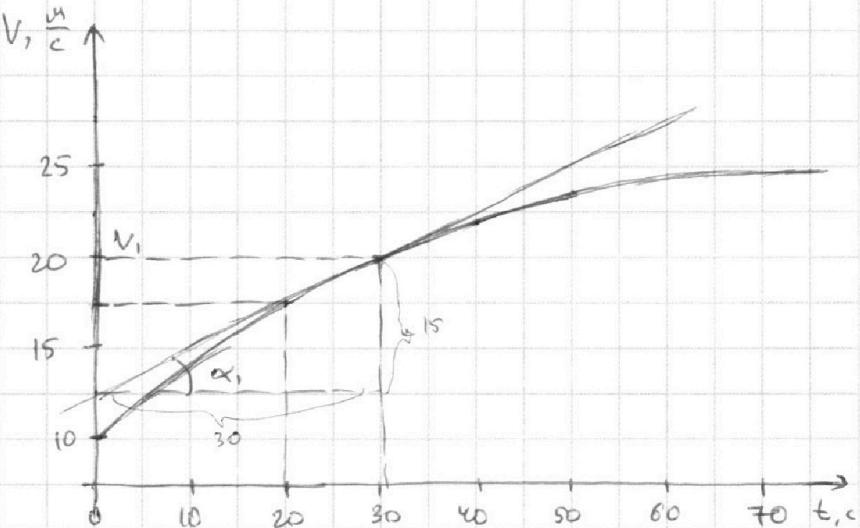
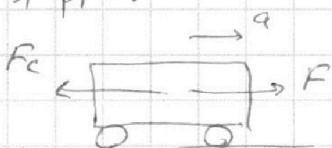


График из учебной задачи

1) Обозначим ускорение автомобилей при скорости $V_1 = a$,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dV}{dt} \text{ (ускорение)} \Rightarrow a = V'(t) \text{ т.е. ускорение - производная от графика скорости от времени или же тангенс угла наклона касательной}$$

Тогда ускорение a , найдём графически, как $\operatorname{tg}(\alpha)$, где α - угол между касательной в точке $V = V_1$ и осью абсцисс.

$$a_1 = \operatorname{tg}(\alpha_1) \approx \frac{15}{30} = \frac{1}{2} \text{ м/с}^2$$

2) Ребята сила сопротивления зависит от скорости как $F_c = \gamma \cdot V$, где γ - конф. пропор.

График аэродинамического сопротивления к значению $V_k = 25 \text{ м/с}$, значит автомобили разгоняются до максимальной скорости $V_k = 25 \text{ м/с}$.

Если автомобили пересекут разгоняясь $l \Rightarrow a = 0$ т.е.

$$\text{из 2.з. Кинематика } \sum F = 0 \Rightarrow \vec{F}_c + \vec{F}_k = 0$$

Числовое направление сил: $F_c = F_k$ т.е. $\gamma \cdot V_k = F_k$

$$\text{Отсюда } \gamma = \frac{F_k}{V_k}$$

Тогда, заменив 2.з. Кинематика для момента времени, скорость в моменте V_1 : $F_1 - F_c = ma$,

$$F_1 - \gamma \cdot V_1 = ma$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

отсюда получим: $F_1 = m\alpha_1 + \delta V_1 = ma_1 + \frac{F_K}{V_K} \cdot V_1 =$
 $= 1800 \cdot \frac{1}{2} + \frac{500}{25} \cdot 20 = 900 + 400 = \textcircled{1300 \text{ Н}}$

3) Определение мощности $P = \frac{dA}{dt}$; $dA = F \cdot dS$ ($F \parallel dS$)
 $P = F \cdot \frac{ds}{dt} = F \cdot v$

Применим формулу для момента времени, в который
стартует V_1 :

$$P_1 = F_1 \cdot V_1 = 1300 \cdot 20 = 26000 = 26 \text{ кВт}$$

- Ответ: 1) $0,5 \text{ м/с}^2$
2) 1300 Н
3) 26000 Вт

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

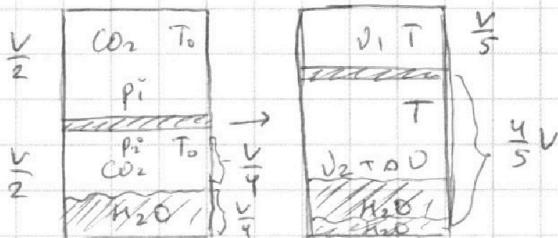
МФТИ

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

дано:

$$\begin{aligned} V, T_0 \\ T = \frac{5}{4} T_0 = \\ = 373 K \\ \Delta U = k \cdot p \cdot W \\ k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{шар}}{\text{м}^3 \text{Па}} \\ RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \end{aligned}$$

Задача 2



1) Запишем условие ~~небольшое~~ равновесия
и весового парения:

$$p_0 = p_1' = p_2', \text{ где } p_1' \text{ и } p_2' -$$

давление верхней и нижней частей сосуда.
Первое сущес., V_2 - то вперед по направлению к нагреву.

Уравнение состояния газа:

$$p_1' \cdot \frac{V}{2} = \vartheta_1 \cdot R \cdot T_0 \quad (1)$$

$$p_2' \cdot \frac{V}{4} = \vartheta_2 \cdot R \cdot T_0 \quad (2)$$

Закон Генри:

$$\begin{aligned} \Delta U = k \cdot p \cdot W = k \cdot p_2' \cdot \frac{V}{4} = (1) \\ = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} \end{aligned}$$

Пренебрегая изменением объема жидкости и расширением газа во втором состоянии записали упрощенное уравнение после нагрева:

$$p_1' \cdot \frac{V}{5} = \vartheta_1 \cdot R \cdot T \quad (3), \quad \text{где } p_1' - \text{ давление верхнего отдела} \\ p_1' - \text{ давление нижнего отдела} \\ \text{после нагревания}$$

$$\cancel{p_{\text{пар}}^1} = \vartheta_2 + \cancel{\Delta U} \cdot R \cdot T \\ (\frac{4V}{5} = \frac{V}{4}) \quad p_{\text{CO}_2}' \cdot (\frac{1}{5}V - \frac{V}{4}) = (\vartheta_2 + \cancel{\Delta U}) \cdot R \cdot T \quad (4)$$

Давление p_2' равно сумме парциальных давлений CO_2 и H_2O после нагревания (з. задача)

$$\text{т.е. } p_2' = p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2}' \quad (5), \quad p_{\text{H}_2\text{O}} - \text{ давление насыщенной пары при } T = 373 K$$

p_{CO_2}' - парциальное давление CO_2

Как известно $p_{\text{H}_2\text{O}}$ при $T = 373 K = 100^\circ C$ равно парциальному атмосферному давлению т.е. $\frac{P_A}{P_{\text{атм}}} = 10^5 \text{ Па}$;

Из ур-ний (0), (1) и (2) получим соотношение 1 к 2 для

$$\text{задачи} \quad \int p_1' = p_2' \quad \left| \Rightarrow \frac{2\vartheta_1 \cdot R \cdot T_0}{V} = \frac{4\vartheta_2 \cdot R \cdot T_0}{V} \right. \quad \text{Одно из} \\ \left. \begin{aligned} p_1' \cdot \frac{V}{2} = \vartheta_1 \cdot R \cdot T_0 \\ p_2' \cdot \frac{V}{4} = \vartheta_2 \cdot R \cdot T_0 \end{aligned} \right| \quad \left. \begin{aligned} \vartheta_1 = 2\vartheta_2 \quad | \Rightarrow \\ \frac{V_1}{V_2} = 2 \end{aligned} \right. \quad \text{1) пункт}$$

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"/> |

МФТИ

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

2) Рассмотрим $p_2' = p_1$ (7) (условие равновесия)
последнее

Изложенные гр-ные (3), (4), (5), получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_1' \cdot \frac{V}{5} = J_1 RT \\ p_{2\text{coz}}' \cdot \left(\frac{4}{5}V - \frac{V}{4} \right) = (J_2 + \Delta J) RT \Rightarrow p_{\text{ATM}} \cdot \frac{J_2 + \Delta J}{\frac{11}{20} \cdot V} \cdot RT = \frac{5J_1 RT}{V} \\ p_1' = p_{\text{ATM}} \cdot p_{2\text{coz}}' \\ p_1' = p_1 \end{array} \right.$$

Рассмотрим гр-ные (6) имеем:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{\text{ATM}} \cdot \frac{J_2 + k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}}{\frac{11}{20} V} \cdot RT = \frac{5J_1 RT}{V} \\ \text{гр-не (1): } p_0 \cdot \frac{V}{2} = J_1 RT_0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} p_{\text{ATM}} \cdot V + \frac{20}{11} J_2 + \frac{20}{44} \cdot k \cdot p_0 \cdot V = 5J_1 RT \\ p_0 V = 22 J_1 RT_0 \end{array} \right.$$

отсюда на 1 нумер: $J_1 = 2J_2$

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{\text{ATM}} \cdot \frac{2J_1 RT_0}{p_0} + \frac{20}{11} J_2'' + \frac{20}{44} \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{2J_1 RT_0}{p_0} = 5J_1 RT \quad | : J_1 \\ J_1 = 2J_2 \end{array} \right.$$

$$p_{\text{ATM}} \cdot \frac{2RT_0}{p_0} + \frac{20}{22} + \frac{20}{44} \cdot \frac{40}{44} \cdot k \cdot R \cdot T_0 = 5RT \quad | \cdot 44$$

$$p_{\text{ATM}} \cdot \frac{88RT_0}{p_0} + 40 + 40kRT_0 = 555RT_0 \Rightarrow p_{\text{ATM}} \cdot \frac{88RT_0 + 40}{p_0} = 555RT_0$$

~~поменять местами~~

$$p_{\text{ATM}} \cdot \frac{88RT_0}{p_0} = 555RT_0 - 40 - 40kRT_0 \quad | : RT_0$$

$$\frac{88}{p_0} p_{\text{ATM}} = 5.55 - 50 - 40kRT = 275 - 50 - 40kRT = 225 - 40kRT$$

$$\text{Обознач } p_0 = \frac{88}{225 - 40kRT} p_{\text{ATM}} = \frac{88}{225 - 40 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3.18} p_{\text{ATM}} = \frac{88}{185} p_{\text{ATM}}$$

- Обратная
второй
нумер.

Ответ: 1) верх.: нум. = 2 2) $p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{ATM}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

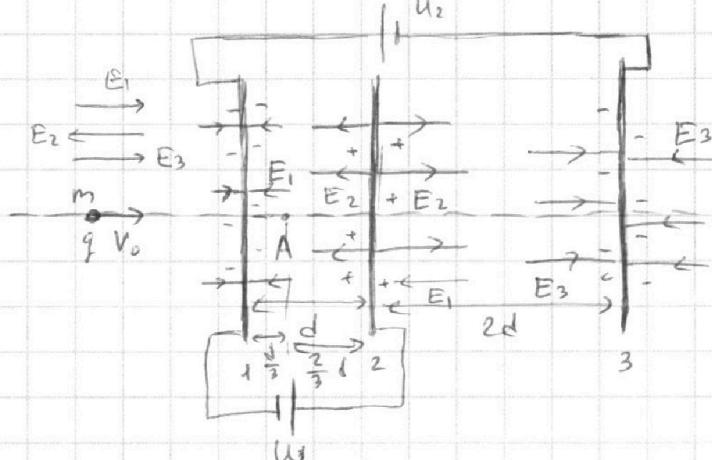


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

Dано:
 $d, 2d$,
размеры сечки $\gg d$
 $U_1 = U_2, U_3 = 4U$
 $m, q > 0, V_0$
 $q \ll$ заряд соков



1) Начало мастики заряжается как на рисунке.

Предположим,

что все между мастиками можно считать однородной т.к. размеры сечек $\gg d$.

Эффектами генерирующим можно пренебречь т.к. $q \ll$ заряд соков

Тогда, расстояние между погемицами можно считать между мастиками;

E_1 - первое, создаваемое 1 мастикой

E_2 - второй

E_3 - третий

$$\text{Тогда: } \frac{U_1}{d} = E_2 + E_1 - E_3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_1}{d} = E_2 + E_1 - E_3 \quad (1) \\ \frac{U_2}{d} = 3E_3 + E_2 - 3E_1 \quad (2) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_2 = (-E_1 - E_2 + E_3)d + \\ \quad + (E_2 + E_3 - E_1)2d = \\ = -E_1d - E_2d + E_3d + 2E_2d + 2E_3d - 2E_1d = \\ = 3E_3d + E_2d - 3E_1d \end{array} \right.$$

Перейдём к пункту (1) задачи:

Результатирующее поле между сечками 1 и 2: $E_{12} = \frac{U_1}{d}$

Значит сила, действующая на сечение: $F_2 = E_{12} \cdot q = \frac{U_1}{d} q$

Значит по 2.3. Ньютона: $F_2 = ma_1$, где a_1 - ускорение
 $\frac{U_1}{d} \cdot q = ma_1$

Основа: $a_1 = \frac{U_1 q}{dm}$

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) Разность кинетических энергий - работа, совершенная
электрическими полями.

Т.е. $A_{10} - A_{20} = A_{12}$ - работа поле при пресёте от 1
 $k_2 - k_1$, за 2 секунды

Обозначим первоначальную работу поле

как изображено $A_{01} = q \cdot \Delta \varphi$, где $\Delta \varphi = U_1$ - разность
потенциалов между 1 и
2 секунд.

Знак $+$ - значит тк $\varphi_2 > \varphi_1$.

Значит по знаку от изменения пот. энергии:

$$A_{12} = A_{21} = q \cdot (-U_1) = k_2 - k_1, \Rightarrow k_1 - k_2 = q \cdot U_1 = q \cdot U$$

3) Задача сводится к нахождению получившей в

торке A. Затем для ЗСЗ для каждого пласти:

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0, \text{ где } q_1, q_2, q_3 - \text{ заряды пластин}$$

В рамках нашего предположения $q_1 < 0$

$$q_2 > 0$$

Значит связь между зарядами: $q_3 < 0$

$$-q_1 + q_2 - q_3 = 0. \quad (1) \quad \text{Напряжённость поле } E = \frac{q}{2\pi r^2} \text{ Тес}$$

$$\text{Поле пластин равно } E = \frac{q}{2\pi r^2} \text{ Тес}$$

Он получает значение равны, то

второе уравнение справедливо и для напряжённости: (предположим)

$$-E_1 + E_2 - E_3 = 0 \Rightarrow E_2 - E_1 - E_3 = 0 - A \text{ это есть ближе}$$

значит в нашем предположении (две разные),
ближнее поле существует. Тогда получим второе A:

$$q_A = E_{12} \cdot \frac{d}{3}$$

($E \cdot d = 0.4$), а потенциал снаружи = 0, тк пот. на $\infty = 0$, а
потенциал снаружи = 0 ближнее поле отсутствует.

Таким образом из закона сохранения энергии:

$$\text{Тогда } q_A = E_{12} \cdot \frac{d}{3} = \frac{U_1}{3} \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_A^2}{2} + \frac{q \cdot U_1}{3}$$



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!

Варианта V_A получим: $V_A^2 = V_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}$

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

Ответ: 1) $\frac{qU}{dm}$

2) $q \cdot U$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



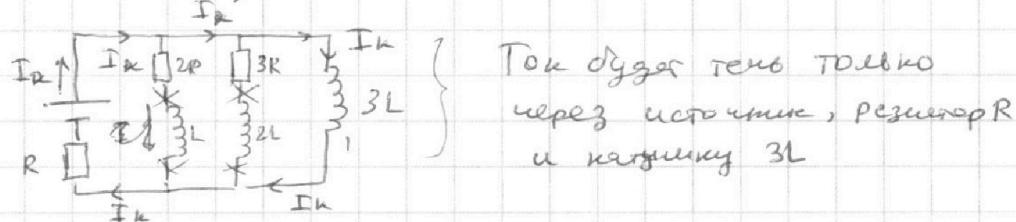
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Основа спираль возврата тока: $\frac{dI_{3L}}{dt} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{6 \cdot E}{11 \cdot 3 \cdot L} = \frac{2 \cdot E}{11 \cdot L}$

3) Установившееся решение при замкнутом
ключе:



Затишнее условие равенства напряжений в ветвях с $2R$ и $3R$:

$$U_{2R} + U_L = U_{3R} + U_{2R} \Leftrightarrow I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = I_2 \cdot 3R + 2L \cdot \frac{dI_2}{dt},$$

где I_1 - ток в ветви с $2R$, I_2 - ток в ветви с $3R$

делим обе части на dt : $dq_1 \cdot 2R + L \cdot dI_1 = dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot dI_2$

Интегрируем обе части: $\int_{I_{10}}^{dq_1} dq_1 \cdot 2R + L \cdot \int_{I_{10}}^0 dI_1 = \int_{I_{20}}^{dq_2} dq_2 \cdot 3R + 2L \cdot \int_{I_{20}}^0 dI_2$

Преобразы интегрирований токов - от I_{10} до 0 и от I_{20} до 0
т.к. интегрируем от засыпания ключа и до его размыкания

$$\underline{\underline{dq_1 \cdot 2R + L \cdot I_{10} = dq_2 - 2L \cdot I_{20}}} \quad (1)$$

Закон преобразования зарядов: $Aq_{\text{из}} = \sigma W + Q$

$$\underline{\underline{\sigma E \cdot \Delta q_{\text{из}} = \sigma W + Q}} \quad (2)$$

Заряд, прошедший через промежуток - сумма зарядов,
протекших через 1, 2 и 3 ветви, значит: $\underline{\underline{\Delta q_{\text{из}} = q_1 + q_2 + q_3}}$ (3)

Найдём класс зарядов q_1 и q_3 :

Равенство напряжений в ветвях 1 и 3: $I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \cdot \frac{dI_3}{dt}$
(I_3 - ток через 3 ветвь)



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

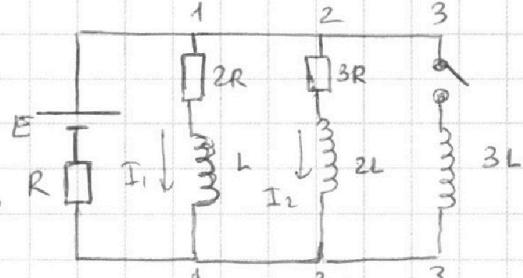
МФТИЕсли отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

дано:

 E, R, L $\text{Обозначение } E = \dot{E}$

1) В уст. режиме при разомкнутом
ключе на катушках оговаривается
напряжение.

Задача схему можно изображенно перерисовать:
(но катушка не отключена от
пробода в уст. режиме)

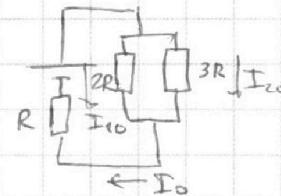
Найдём ток I_{10} через $2R$:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{2R} = I_{10} \cdot 2R - \text{напряжение на } 2R \\ U_{3R} = U_{3L} - \text{параллельн. соэз.} \end{array} \right.$$

$$U_{3R} = I_{20} \cdot 3R, \text{ где } I_{20} - \text{ток через резистор } 3R$$

↓

$$I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}.$$



Первое правило Кирхгофа: $I_{10} + I_{20} = I_0$, где I_0 - ток
через источник

$$\text{Эквивалентное сопр. сен.: } R_0 = R + \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} \right)^{-1} = R + \left(\frac{5}{6R} \right)^{-1} =$$

$$\text{Потр. отк. через источник: } I_0 = \frac{E}{\frac{1}{2R}} = R + \frac{6}{5} R = \frac{11}{5} R$$

$$\text{Задача } \left| \begin{array}{l} I_{10} + I_{20} = \frac{5E}{11R} \\ I_{20} = \frac{2}{3} I_{10} \end{array} \right| \Rightarrow \frac{5}{3} I_{10} = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$I_{20} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

2) Тока в катушках склонительно изменяются не
могут \Rightarrow сразу после замыкания в катушках L и $2L$
токи не изменятся.

Задача напряжение на катушке $3L$ сразу после замыкания
может: $U_{3L} = I_{10} \cdot 2R = \frac{6}{11} E$

Напряжение на катушке: $U_{3L} = 3L \cdot \frac{dI_{3L}}{dt}$

*скорость изменения
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 |
| <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!

записано для задачи № 4

$$dq_1 \cdot 2R + L \cdot dI_1 = 3L \cdot dI_3$$

$$2R \cdot \int_0^{q_1} dq_1 + L \cdot \int_{I_{10}}^0 dI_1 = 3L \cdot \int_0^{I_k} dI_3 \quad \left(\text{так в когдн } 3 \text{ увеличивается, пока не достигнет } I_k = \frac{E}{R} \right)$$

$$2R \cdot q_1 - L I_{10} = 3L I_k \quad | \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow dq_1 &= \frac{3L I_k + L I_{10}}{2R} = \frac{3L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}}{2R} = \\ &= \cancel{\frac{E}{R}} \cdot \frac{8}{2R} \frac{EL}{\cancel{R^2}} \left(\frac{3}{11} + \frac{3}{11} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{36}{11} \cdot \frac{EL}{R^2} = \frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$ 3) $\frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}$
2) $\frac{2}{11} \cdot \frac{E}{L}$

(в отврках $E \leftrightarrow E$)



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

МФТИ

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

Задача 5

Дано:

$$\begin{aligned} n_B &= 1,0 \\ a &= 194 \text{ см} \\ \alpha &= 0,1 \text{ rad} \\ h &= 9 \text{ см} \end{aligned}$$

1) $n_1 = n_B = 1$

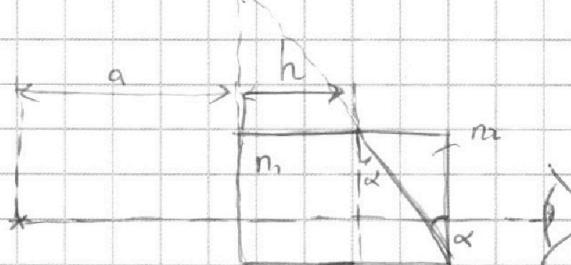
$\delta - ?$

2) $n_1 = n_B = 1$

$n_2 = 1,7$

3) $n_1 = 1,5$

$n_2 = 1,7$



1) Считается общизвестным факт, что угол отклонения луча изменяется пропорционально показателю преломления n и имеет то же значение δ при вершине равен $\delta = \alpha(n-1)$

Тогда, считая $n_2 = 1,7$,

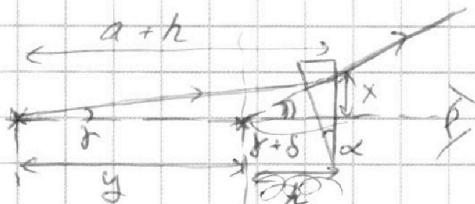
$$\delta_1 = \alpha(n_2 - 1) = 0,7\alpha = 0,07 \text{ rad}$$

При этом, луч не отклоняется при прохождении через вакуум с показателем преломления $n_1 = 1$ или $n_1 = n_B$

(указание $n_B = 1$ можно воспринимать как то, что система находящаяся в вакууме)

$$\text{тогда } \delta_1 = \delta_2 = 0,07 \text{ rad}$$

2) Нарисуем ход луча как в случае 1 (если $n_1 = 1$)



Рассмотрим луч, излучаемый от источника под углом δ к оси. Тогда луч смещается только вправо и сдвигается под углом $\delta + \delta$ к оси

Обозначим расстояние от оси до точки выхода луча за x
 y — расстояние от источника до изображения

Тогда из ~~известной~~ геометрии: $\frac{x}{y+h} = \frac{x}{y}$
 (известной стала
 геометрия)

$$\frac{x}{y} = \frac{x}{y+h-y}$$

Условие масштаба уменьшения: $\frac{x}{y} = \frac{\delta + \delta}{\delta}$

$$\frac{x}{y} = \delta + \delta$$

Тогда: $\frac{x}{y} = \frac{\delta + \delta}{\delta}$

$$\frac{x}{y} = \frac{\delta + \delta}{\delta} = \frac{\delta + \delta}{\delta}$$

$$\Rightarrow \delta(y+h) = (\delta + \delta)(a + h - y)$$



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"/> |

 МФТИ.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

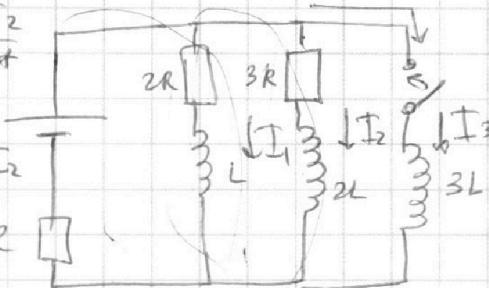
Черновик

$$3C3: q_2 \neq 0, q_1 = 0 \quad q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\int IR + \int \frac{dI}{dt} = 0$$

$$-E_1 + E_2 - E_3 > 0 \Rightarrow \text{сверху } E > 0$$

$$I_1 \cdot 2R + L \frac{dI_1}{dt} = I_2 \cdot 3R + 2L \frac{dI_2}{dt}$$



$$3L \cdot \frac{dI_3}{dt} = I_1 \cdot 2R +$$

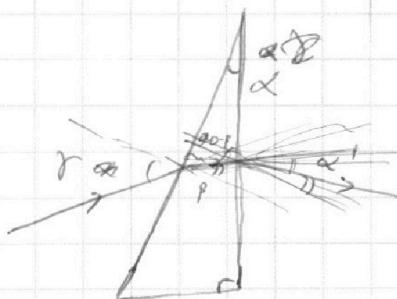
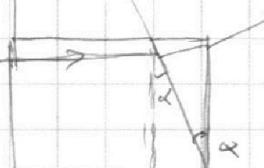
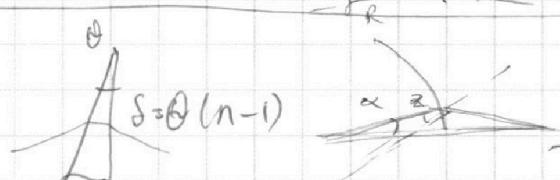
$$\cancel{\delta y + \delta h = \delta a + \delta h - \delta y + \delta a + \delta h - \delta y} \\ 2\delta y = \delta a + \delta a + \delta h - \delta y$$

~~Найдено~~

$$I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{dI_1}{dt} = 3L \cdot \frac{dI_3}{dt}$$

$$q_1 \cdot 2R + L \cdot dI_1 = 3L \cdot dI_3$$

$$\cancel{q_1 \cdot 2R + L(I_1 - I_{10}) = 3L \cdot I_3}$$



$$\gamma = n \cdot \beta \quad y = \frac{\delta a + \delta a + \delta h}{2\beta + \delta}$$

$$160 - \alpha - 90 + \rho = (90 - \alpha + \beta) - 90 =$$

$$= \beta - \alpha - \text{угол наклона}$$

$$(\beta - \alpha)n = \alpha'$$

$$\gamma - \alpha' = n\beta - (\beta - \alpha) \cdot n =$$

$$= \alpha \cdot n$$

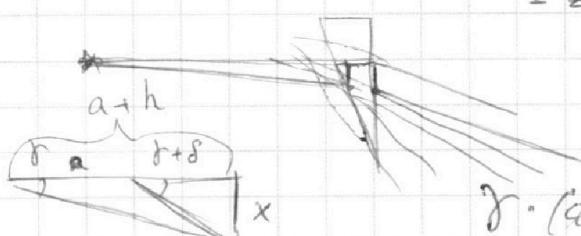
$$\frac{194 \cdot 0,17 + 0,07 \cdot 9}{2 \cdot 0,1 + 0,07}$$

$$y + h = a + \gamma - y$$

$$y = \frac{a}{2} -$$

$$\gamma \cdot (a + h) = (\gamma + \delta)(a - y + h)$$

$$\delta a + \delta h = \delta a - \delta y + \delta h + \delta a - \delta y - \delta h$$



МФТИ

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

1) kg *Черновик*

$$F_k = 500 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F &= \gamma \cdot v \cdot r \rightarrow F_i \\ F_k &= \gamma \cdot v_k \cdot r \rightarrow \gamma = \frac{F_k}{v_k} \end{aligned}$$

$$3) p_{\text{мат}} = \rho_{\text{ж}} \cdot F$$

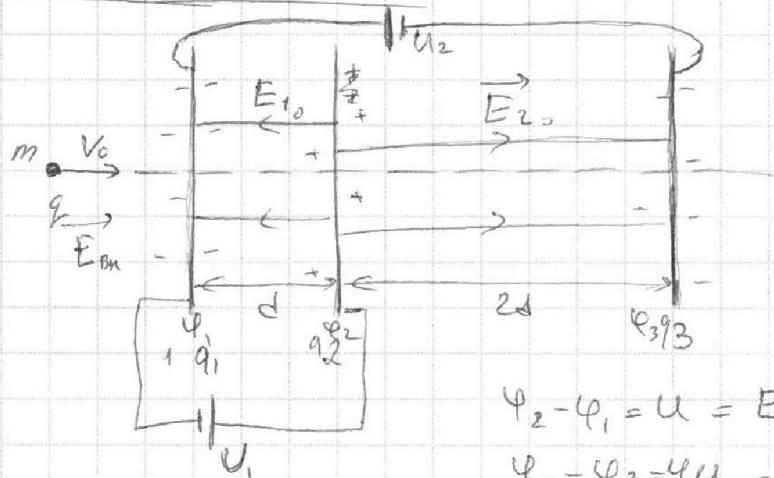
$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F_i \cdot dS}{dt} = F_i \cdot v$$

$$\frac{1}{5} - \frac{1}{4} = \frac{16 - 5}{20} = \frac{11}{20}$$

$$P_0 = \frac{88}{5 - \text{коэф}} \cdot P_{\text{атм}} = \frac{88}{5 - 0.2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^3 \cdot 0.3 \cdot 10^3} \cdot P_{\text{атм}}$$

~~запись~~

(3)



$$E_{10} = E_1 + E_2 - E_3$$

$$E_{20} = -E_1 + E_2 + E_3$$

$$E_{Bm} = -E_1 - E_2 + E_3$$

$$= E_{20} = E_2 - E_3$$

$$E_{10} = E_1 + E_2 - E_1 - \frac{3}{7} E_2$$

$$E_{20} = -E_1 + E_2 + E_1 + \frac{3}{7} E_2 =$$

$$E = \frac{\delta}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{220s} = \delta \cdot q$$

$$\Phi_2 - \Phi_1 = U = E_1 \cdot d$$

$$\Phi_1 - \Phi_3 = U = -E_1 \cdot d + E_2 \cdot 2d$$

$$4E_1 \cdot d = -E_1 \cdot d + E_2 \cdot 2d$$

$$5E_1 \cdot d = 2E_2 \cdot 1 \Rightarrow E_2 = \frac{5}{2} E_1$$

$$-E_1 + E_2 + E_3 = \frac{5}{2} E_1 + \frac{5}{2} E_2 - \frac{5}{2} E_3$$

$$-\frac{7}{2} E_1 - \frac{3}{2} E_2 + \frac{7}{2} E_3 = 0$$

$$7E_3 = 7E_1 - 3E_2$$