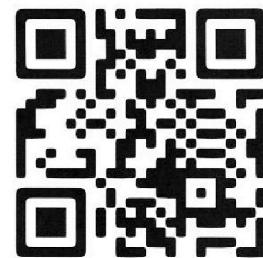


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 11-03

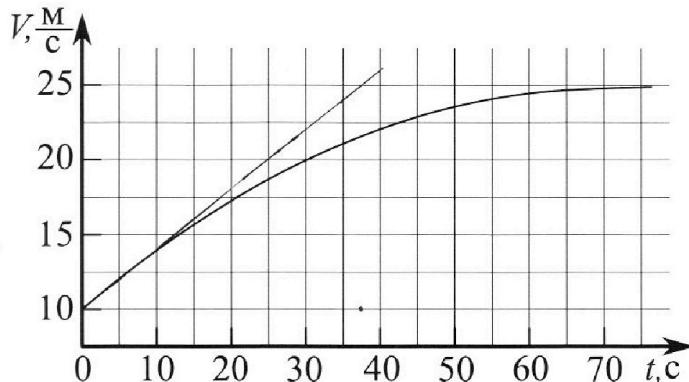


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой $m = 1500$ 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 $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.



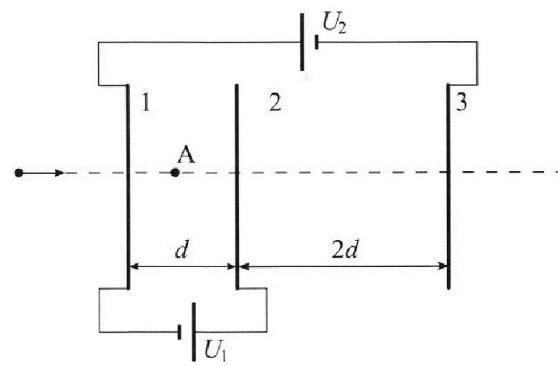
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0.5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $R T \approx 3 \cdot 10^3$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

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 $U_2 = 3U$. 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 $d/4$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

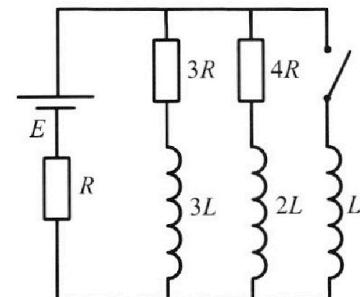
Вариант 11-03

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.

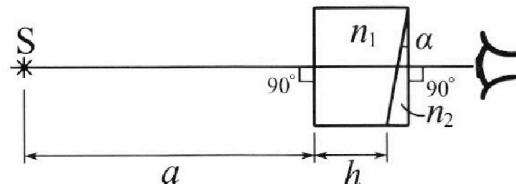
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $a = 90$ 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 $h = 14$ 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, 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!

N1 Решение:

Дано:

$m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

$a_0 - ?$

$F_0 - ?$

$P_0 - ?$

1) Известно, что $a = \frac{dv}{dt}$, что равно коэффициенту
наклона касательной к графику в этой точке.
ан График касательную, получаем:

$$a_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Запишем ЗН на ось Ox . Вначале нет момента.

$$ma_0 = F_0 - kv, \text{ где } v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (из графика)}$$

~~$F_0 = 1500 \text{ Н} + 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~ И в момент, близкий
к установившемуся решению (75 с)

$$0 = F_k - kv, \text{ где } v = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ из графика}$$

$$\text{Из ур-1 (2): } k = \frac{600 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$$

$$\text{Подставляем в (1): } F_0 = 1500 \text{ Н} \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 24 \frac{\text{Н}}{\text{с}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 240 \text{ Н} + 150 \cdot 4 \text{ Н} = 240 \text{ Н} + 600 \text{ Н} = 840 \text{ Н}$$

3) На колеса передаётся момент ТЭМ двигателем, значит
в ней будет создаваться только силой ТЭМ двигателем:

$$N = F_0 \cdot v_0 = 8400 \text{ Н} \cdot 75 \text{ м/с} = 8,4 \text{ кВт}$$

$$\text{Ответ: 1) } a_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2) F_0 = 840 \text{ Н}$$

$$3) N = 8,4 \text{ кВт}$$



- 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!

N2

Дано:

Ths

$$T = 373 \text{ K}$$

$$k \approx 0.5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{К}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Найти:

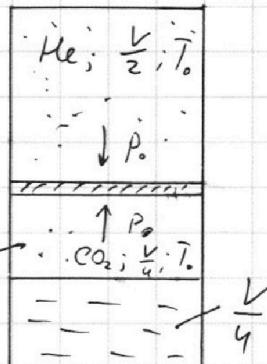
$$\frac{v_{\text{верх}}}{v_{\text{ниж}}} ; \frac{T}{T_0} - ?$$

Решение:

По условию, давление водяных

паров в начале мало, значит

и $v_{\text{пара}} \rightarrow 0$. Тогда $v_{\text{ниж}} = v_{\text{CO}_2}$



1) Ур-е Менделеева-Клапейрона:

$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = v_{\text{верх}} RT_0 \quad ; \quad P_0 \frac{V}{4} = v_{\text{ниж}} RT_0$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \left[\frac{v_{\text{верх}} RT_0}{v_{\text{ниж}} RT_0} \right] = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{4}} = \frac{4}{2} = 2$$

2) В начальном моменте $v_{\text{верх}} = v_{\text{He}} = \text{const}$;

$v_{\text{ниж}} = v_{\text{CO}_2(\text{нач})}$. В конечный момент:

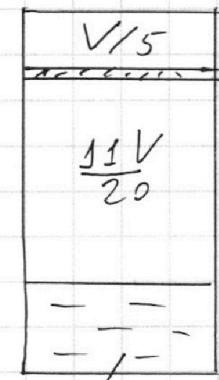
$$v'_{\text{ниж}} = v_{\text{CO}_2(\text{нач})} - \Delta v_{\text{CO}_2} + v_{\text{N}_2}$$

Давление в конечный момент P' .

Определи в конечный момент:

$$V'_{\text{верх}} = \frac{V}{5} ; \quad V'_{\text{ниж}} = V - \frac{V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{4V}{5} - \frac{V}{4} =$$

$$= \frac{16V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$$



Запишем систему из уравнений 3-иа Генри,

Менделеева-Клапейрона и Далтона:

N2 СР. 1

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\frac{P_0 V}{2} = \nu_{\text{не}} R T_0 \quad (1) - MK, \text{ нач, верх.}$$

$$\frac{P_0 V}{4} = \nu_{\text{CO}_2(\text{пар})} R T_0 \quad (2) - MK, \text{ нач, нижн.}$$

$$\frac{2P_0 \cdot \frac{1}{2} V}{20} = \nu_{H_2O} R T \quad (3) - MK, \text{ парциальный кон., нижн, вода} \\ (\text{при } T=373K \text{ у нач. пара } P = 2P_0 = P_{\text{атм}})$$

$$\frac{P'_{CO_2} \cdot \frac{1}{2} V}{20} = \left(\nu_{CO_2}^* - \Delta \nu_{CO_2}^* \right) R T \quad (4) - MK, \text{ парциальный кон., нижн, CO}_2$$

$$\Delta \nu_{CO_2} = k \cdot P'_{CO_2} \cdot \frac{V}{4} \quad (5) - Генри$$

$$\frac{P' V}{5} = \nu_{\text{не}} R T \quad (6) - 2MK, \text{ кон, верх.}$$

$$P' = P'_{CO_2} + P_{H_2O} \quad (7) - \text{Давление}$$

$$1) \text{ Из } (1) \text{ и } (6): \quad \frac{P'}{P_0} \cdot \frac{2}{5} = \frac{T}{T_0} \rightarrow \frac{P'}{P_0} = \frac{2T}{5T_0} \cdot P_0 \quad (8)$$

2) Добавим (2) и (5) к (4)

$$\frac{P'_{CO_2}}{20} = \left(\frac{P_0}{4RT_0} - k P'_{CO_2} \frac{V}{4} \right) R T$$

$$P'_{CO_2} \left(\frac{11}{20} + \frac{kRT}{4} \right) = \frac{P_0}{4} \cdot \frac{T}{T_0} \rightarrow P'_{CO_2} = \frac{P_0 \cdot \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + kRT} \quad (9)$$

$$\text{Из (3): } \frac{P'_{CO_2} \cdot \frac{1}{2} V}{10RT} \quad (10)$$

Добавим (3); (8); (9) к (7):

$$P_0 \cdot \frac{2T}{5T_0} = \frac{P_0 \frac{T}{T_0}}{\frac{11}{5} + kRT} + 2P_0 \cdot \frac{T}{T_0} \quad \text{Тогда } \frac{T}{T_0} = \alpha$$

$$\frac{2}{5} \alpha = \frac{1}{\frac{11}{5} + kRT} + 2$$

№2 ср. 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

МФТИ

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

$$2 \left(\frac{2}{5} - \frac{1}{\frac{11}{5} + kRT} \right) = 2$$

185

$$\text{Подставив } kRT = 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = \frac{3}{2}$$

$$2 \left(\frac{2}{5} - \frac{1}{\frac{11}{5} + \frac{3}{2}} \right) = 2$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 37 \\ \hline 185 \end{array}$$

$$2 \left(\frac{2}{5} - \frac{10}{22 + 15} \right) = 2$$

$$2 = \frac{\frac{2}{5} - \frac{10}{37}}{\frac{1}{5} - \frac{5}{37}} = \frac{1}{\frac{185}{37 - 25}} = \frac{185}{12} \neq$$

~~2 = 185 / 12~~

$$\text{Ответ, } 1) \frac{v_{\text{верт}}}{v_{\text{спир}}} = 2$$

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{185}{12}$$

N₂ cп. 3

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

№3 Найдём потенциалы E_1 и E_2 .

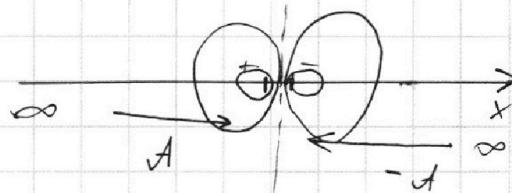
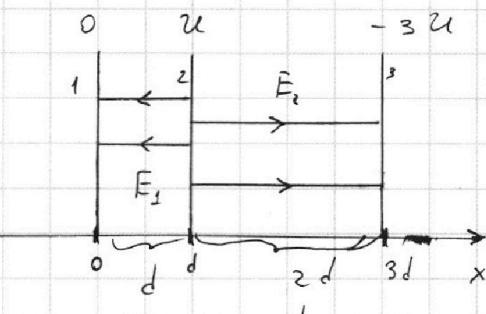
$$E_2 = \frac{U}{d}$$

(потенциалы на
рисунке относительно
первой сетки)

$$E_2 = \frac{U + 3U}{2d} = 2 \frac{U}{d}$$

1) По 2 з-му Многома:

$$ma_1 = E_1 q \rightarrow a_1 = \frac{Uq}{md}$$



2) По 3-му сохранению энергии:

$$K_1 + E_1 q d \cdot \cos 180 = K_2$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$

3) На больших масштабах систему можно представить как диполь, полученный суперпозицией двух диполей поменявших признак их находившихся в одной точке. В силу симметрии, для того чтобы дойти до положения диполя нужно совершить одинарковую по модулю, но противоположную по знаку работу. Значит при $\varphi_0 = 0$, потенциалы обкладок будут одинарковыми по модулю и противоположными по знаку.

Этакий потенциал на первом диполе будет распологаться в точке, потенциал которой от н. бесконечности равен нулю, а относительно первой сетки $\varphi = -\frac{3}{2} U$

Найдём эту точку, предполагая, что она находится между второй и третьей сеткой

$$V_1 - E_2 (x-d) = -\frac{3U}{2} \rightarrow V - 2U \frac{x}{d} + 2U = -1.5U$$

№3 ср. 1

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

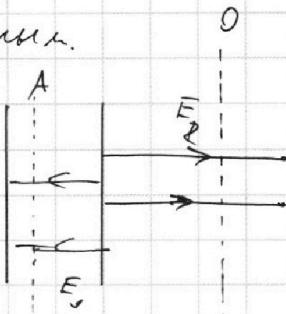
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$4,5 U = 2 U \frac{x}{d} \rightarrow x = \frac{9}{4} d$$

Наше предположение оказалось верным.

По ЗСД:

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{5}{4} E_2 q d + \frac{3}{4} E_1 q d$$



$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{5}{4} \cdot 2 Vq + \frac{3}{4} Vq$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{7}{4} Vq$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{7qV}{2m}}$$

Ответ: 1) $a_1 = \frac{qV}{md}$

2) $K_1 - K_2 = qV$

3) $\sqrt{v_0^2 - \frac{7qV}{2m}}$

№3 стр. 2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

№4

1) При разомкнутом ключе в ус. состоянии катушки будут сидеть как перемычки. Эквивалентное напряжение R_o :

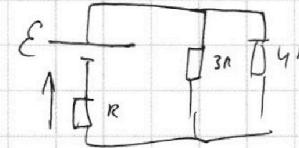
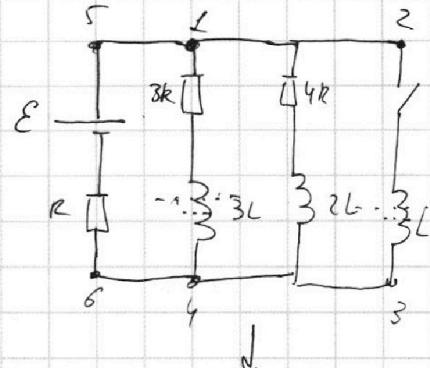
$$R_o = R + \frac{3R \cdot 4R}{3R+4R} = R + \frac{12R}{7} = \frac{19R}{7}$$

Тогда токи: $I_o = \frac{7E}{19R}$

нуанс 2
сни.
Ниче!

$$I_{3R} = \frac{4E}{19R}$$

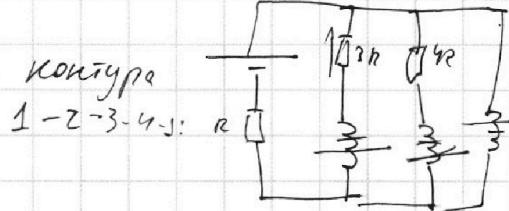
$$I_{4R} = \frac{3E}{19R}$$



3) В начальный момент по замыканию ключа токи не успевают изменяться. В конечный момент: $I_{3R}=0$; $I_{4R}=0$;

$$I_L = I = \frac{E}{R}$$

По 2-му правилу Кирхгофа для контура 1-2-3-4-1: $\dot{I}_{3R} + \dot{I}_{4R} - \dot{I}_L = 0$



$$3L \dot{I}_{3R} + L \dot{I}_L - 3R \dot{I}_{4R} = 0$$

$$3L \frac{dI_{3R}}{dt} + L \frac{dI_L}{dt} - 3R \frac{dI_{4R}}{dt} = 0$$

Суммируем на промежутке:

$$3L \left(0 - \frac{4E}{19R}\right) + L \left(\frac{E}{R} - 0\right) = -3R(q - 0)$$

(минус это означает что ток в прямой ветви меняется в противоположную сторону)

$$-\frac{12EL}{19R} + \frac{19EL}{19R} = -3qR \rightarrow q = -\frac{7EL}{19 \cdot 3R^2} = -\frac{7EL}{57R^2}$$

2) По 2-му np-му Кирхгофа для 6-5-2-3-6: (также успевают поменяться)

$$E = L \dot{I} + \frac{7E}{19R} \cdot R \rightarrow L \dot{I} = \frac{12E}{19} \rightarrow \dot{I} = \frac{12E}{19L}$$

$$\text{Ответ: 1)} \dot{I}_{3R} = \frac{4E}{19R}; 2) \dot{I} = \frac{12E}{19L}; 3) q = -\frac{7EL}{57R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

N 5

1) В левой призме предположим ее будет. Только вправо:

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

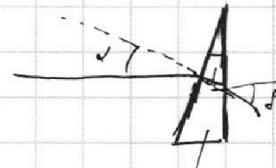
$$n_2 \sin(\alpha - \beta) = \sin \delta$$

При $\alpha, \beta, \delta \rightarrow 0$, $\sin \alpha \approx \alpha$; $\sin \beta \approx \beta$; $\sin \delta \approx \delta$

$$\alpha = n_2 \beta$$

$$n_2 (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) = \delta \rightarrow \delta = \alpha (n_2 - 1)$$

$$\delta = (1,7 - 1) \cdot 0,1 = 0,07 \text{ rad.}$$

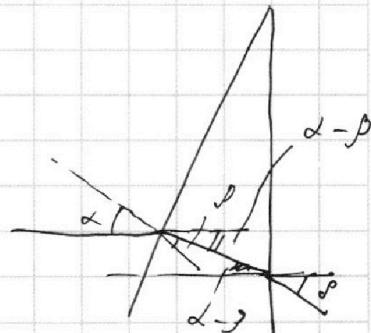


2) Тончайшей призмы сказано пренебречь.

Значит изображение только повернётся.

Т.к. δ мал., то $\angle_1 = \delta(a+h)$

$$\angle_1 = 0,07 \cdot 104 = 7,28 \text{ cm}$$



3) Майдём угол поворота:

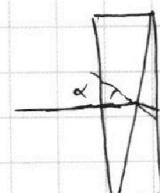
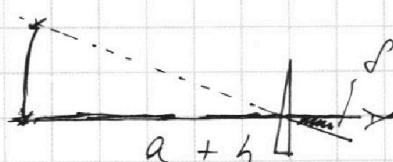
$$\alpha_1 = 0 \rightarrow \beta_1 = 0$$

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \alpha = n_2 \beta_1$$

$$n_2 (\alpha - \beta_1) = \delta$$

$$n_2 (\alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha) = \delta$$

$$\delta = \alpha (n_2 - n_1) = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ rad.}$$



N 5 cнр. 1



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

МФТИ

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

Кроме того, изображение приближается как будто
мы прошли через плоскопараллельную пластику толщиной h .

Это эквивалентно воздушной длине $\frac{h}{n_1}$

$$\text{Тогда } \Delta R = h - \frac{h}{n_1} = h \frac{n_1 - 1}{n_1}$$

$$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a+h/n_1)^2} - 2(a+h)(a+h/n_1) \cos \beta$$

~~($\cos \beta \approx 1 - \frac{\delta^2}{2}$)~~
 ~~$\cos \beta \approx 1 - \frac{\delta^2}{2}$~~

$$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a+h/n_1)^2} - 2(a+h)(a+h/n_1) \cdot 1 + 2(a+h)(a+h/n_1) \cdot \frac{\delta^2}{2}$$

~~$L_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a+h/n_1)^2} - 2(a+h)(a+h/n_1) \cdot 1 + 2(a+h)(a+h/n_1) \cdot \frac{\delta^2}{2}$~~

$$L_2 = \sqrt{(a+h-a-h/n_1)^2 + \delta^2 (a+h)(a+h/n_1)} = \sqrt{(h \frac{n_1 - 1}{n_1})^2 + \delta^2 (a+h)(a+h/n_1)} =$$

$$= \sqrt{\left(4 \cdot \frac{0,3}{3,4}\right)^2 + (0,03)^2 \cdot 104 \cdot 100} = \sqrt{9 + 0,03 \cdot 0,03 \cdot 104 \cdot 100} =$$

$$= \sqrt{9 + 0,09 \cdot 104} = \sqrt{9 + 9 \cdot 1,04} = 3\sqrt{2,04} \approx 3\sqrt{2} \text{ см}$$

Ответ: 1) $\delta = 0,07 \text{ rad}$

2) $L_1 = 7,28 \text{ см}$

3) $L_2 \approx 3\sqrt{2} \text{ см}$

N5 ср. 2

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

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

~~$\frac{P_0 V}{2} = \nu_{He} RT_0 \quad (1) - MK \text{ в нач.; верх.}$~~
 ~~$\frac{P_0 X}{4} = \nu_{CO_2(\text{норм})} RT_0 \quad (2) - MK \text{ в нач., норм.}$~~
 ~~$\frac{P' V}{5} = \nu_{He} RT \quad (3) - MK \text{ в кон.; верх.}$~~
 ~~$\frac{11 P' V}{20} = (\nu_{CO_2(\text{норм})} - \Delta \nu_{CO_2} + \nu_{H_2O}) RT \quad (4) - MK \text{ в кон.; норм.}$~~
 ~~$\Delta \nu_{CO_2} = k P_{CO_2}' \cdot \frac{V}{4} \quad (5) - \text{Гаряч.}$~~
 ~~$P' = P_{CO_2}' + 2 P_0 \quad (6) - \text{Джутон}$~~
 Пояснение: при $T = 373\text{K}$, $P_{\text{рас}} = P_{\text{атм}} = 2 P_0$
 ~~$2 P_0 \cdot \frac{11 V}{20} = \nu_{H_2O} RT \quad (7) - MK \text{ в кон.; конд.}$~~
 ~~$U_3 \quad (1) \text{ и } (3) \quad \frac{11 P_0 V}{20} = \frac{P_0 X \cdot 5}{2 P_0 V} = \frac{P_0 X \cdot 5}{2 P_0 V} = \frac{\nu_{He} RT_0}{2 P_0 V} \rightarrow P' = \frac{5 T}{2 T_0} P_0$~~
 Тогда из (6): $P_{CO_2}' = P' - 2 P_0 = \frac{5 T}{2 T_0} P_0 - 2 P_0$
 Тогда из (5): $\Delta \nu_{CO_2} = \frac{V}{4} \left(\frac{5 T P_0}{2 T_0} - 2 P_0 \right)$
 ~~$U_3 \quad (7) \quad \nu_{H_2O} = \frac{11 P_0 V}{10 R T}$~~
 Проверкаlice б/у (4)
 ~~$\frac{11}{20} \cdot \frac{5 T}{2 T_0} P_0 V = \frac{P_0 V}{4 R T_0} \cdot R T - \frac{k P_0}{4} \left(\frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right) \cdot R T + \frac{11 P_0 V}{10 R T} \cdot R T$~~
 ~~$\frac{11}{8} \frac{T}{T_0} = \frac{1}{4} \frac{T}{T_0} + \frac{11}{10} - 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{X}{9} \left(\frac{5 T}{2 T_0} - 2 \right)$~~
 ~~$\frac{11}{8} \frac{T}{T_0} = \frac{2}{8} \frac{T}{T_0} + \frac{11}{10} - \frac{3}{8} \cdot \frac{5 T}{2 T_0} + \frac{3}{4}$~~



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"/> |

МФТИ

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

$$\frac{22}{16} \frac{T}{T_0} - \frac{4}{16} \frac{T}{T_0} + \frac{15}{16} \frac{T}{T_0} = \cancel{\frac{15}{20}} + \frac{22}{\cancel{20}}$$
$$\frac{33}{16} \frac{T}{T_0} = \cancel{\frac{37}{20}} \rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{37}{20} \cdot \frac{16}{33} = \frac{148}{165}$$

$$0,93 \cdot 1,04 = 0,973$$
$$0,93 \cdot 0,973 = 0,093 \cdot 104$$
$$S_2 = 0,093 \cdot 0,973 \rightarrow 0,093$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

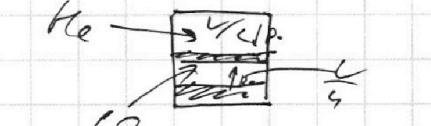
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

ЧЕРНОВИК!!! ЧЕРНОВИК!!!

1) В начале $\bar{v}_{\text{н}} \rightarrow 0$, тогда $\bar{v}_{\text{нисп}} = \bar{v}(\text{CO}_2)$

$$\text{Из: } \frac{P_0 V}{2} = \bar{v}_{\text{He}} R T_0 \quad (1) \quad \frac{P_0 V}{4} = \bar{v}_{\text{нисп}} R T_0 \quad (2) \quad \text{Из: } \frac{\bar{v}_{\text{He}} R}{V} = \frac{P_0}{2 T_0}$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{\bar{v}_{\text{He}} R T_0}{\bar{v}_{\text{нисп}} R T_0} = \frac{\frac{P_0 V}{2}}{\frac{P_0 V}{4}} = \frac{4}{2} = 2$$

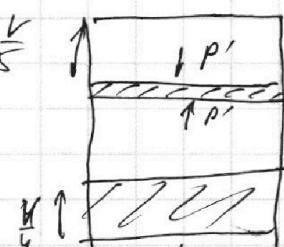


$$\bar{v}_{\text{нисп}} = \frac{P_0 V}{4 R T_0}$$

$$1) \frac{P_0 V}{2} = \bar{v}_{\text{He}} R T_0 ; \quad \frac{P_0 V}{5} = \bar{v}_{\text{He}} R T$$

$$V_{\text{нисп}}' = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{3V}{4} - \frac{V}{5} = \frac{15V}{20} - \frac{4V}{20} = \frac{11V}{20}$$

$$\frac{P_0 V}{4} = \bar{v}_{\text{CO}_2} R T_0 ; \quad \frac{11P' V}{20} = (\bar{v}_{\text{CO}_2} - \Delta \bar{v}_{\text{CO}_2} + \bar{v}_{\text{He}}) R T$$



$$\frac{11}{20}$$

$$\frac{18}{33}$$

В конече наст насыщениин!! $\rightarrow P_{\text{нап}} = 1 \text{ атм} = 2 P_0$

$$P' = P'_{\text{CO}_2} + P_{\text{нап}} \text{ макс}$$

$$2 P_0 \cdot \frac{11V}{20} = \bar{v}_{\text{нисп}} R T$$

$$\Delta \bar{v}_{\text{CO}_2} = k P'_{\text{CO}_2} \cdot \frac{V}{4}$$

$$1600 \cdot 0.4 \cdot 10 = 1500 \cdot 4 = 6000 \quad \bar{v}_{\text{нисп}} = \frac{11 P_0 V}{10 R T} \cdot \frac{37}{148}$$

$$\Delta \bar{v}_{\text{CO}_2} = k (P' - P_{\text{нап}}) \cdot \frac{V}{4} \quad \bar{v}'_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11V}{20}}{R \cdot 45} \quad \frac{22}{37} \cdot \frac{1}{165}$$

$$\Delta \bar{v}_{\text{CO}_2} = k \left(\frac{5 \bar{v}_{\text{He}} R T}{V} - 2 P_0 \right) \frac{V}{4} = k \left(\frac{5 P_0 T}{2 T_0} - 2 P_0 \right) \cdot \frac{V}{4}$$

$$\frac{11 \cdot 8 P_0 T}{2 T_0} \cdot \frac{V}{4} = \left(\frac{P_0 V}{4 R T_0} + \frac{11 P_0 V}{10 R T} - k \left(\frac{5 P_0 T}{2 T_0} - 2 P_0 \right) \frac{V}{4} \right) / R T$$

$$\frac{11 T}{8 T_0} = \frac{T}{4 T_0} + \frac{11}{10} - k \left(\frac{5}{2} \frac{T}{T_0} - 2 \right) \frac{V}{4} \quad \frac{750 \cdot 3}{1000} = \frac{3 \cdot 750}{8}$$

$$\frac{11}{8} \approx 1.375$$

$$\frac{11}{4} = 2.75$$

$$\frac{0.75}{2} = \frac{3.75}{8} = 0.46875$$



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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. №1

$$1) \frac{dv}{dt}(0) = \frac{10}{25} = 0,4 \frac{m}{s^2}$$

 $\frac{3}{4} \times 37,5$

$$= \frac{87,5}{37,5} \frac{15}{5} = \frac{87,5}{5} = 17,5$$

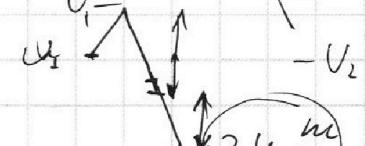
$$U_1 - E_{2x} = -U_1 + E_{2x} (2d-x)$$

$$U_1 - U_2 = -U_1 + U_2 (2d-x)$$

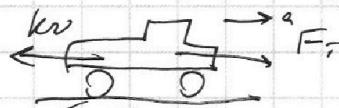
2) Конечное состояние: 150,0



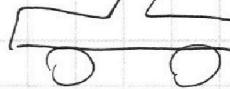
$$kv = F_k$$



3) Начальное состояние



$$k = \frac{F_k}{v} = \frac{600 \frac{m}{s}}{25 \frac{m}{s}} = \frac{600}{25}$$



$$F_r - kv = ma \rightarrow F_r = m a + kv$$

$$-U_2 +$$

$$F_r = 1500 \frac{m}{s} \cdot 0,4 \frac{m}{s^2} + 24 \frac{m}{s} \cdot 10 \frac{m}{s} = 150 \cdot 0,4 + 240 =$$

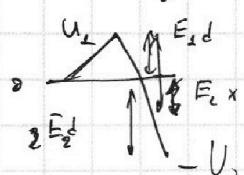
$$= 600 + 240 = 840 \text{ Н}$$

$$3) P = \frac{dF}{dt}$$

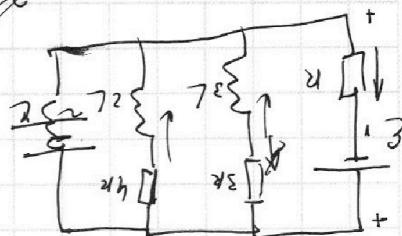
$$P = F \cdot v = 840 \cdot 10 = 8400 \text{ Вт}$$

ЧЕРНОВИК!!!

$$N = \frac{dV}{dt} = U_1 + E_{2x} \frac{4U}{6} x$$



$$\frac{dP}{dt} = U_1 - E_{2x} = -\frac{U_1}{2}$$



$$\frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{R_2} = I_1 \quad I_1 = I_2 - I_3$$

$$I_2 = I_3$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_1}{I_2 - I_3}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_1} = \frac{U_2}{I_2 - I_3}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_1}$$



$$I_1 = I_2 = I_3$$

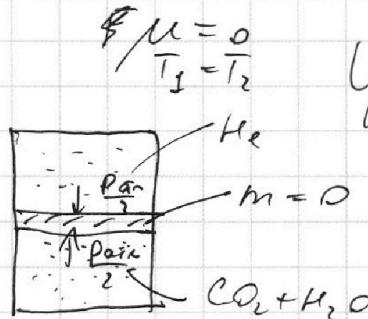
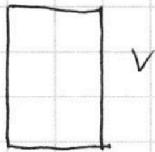
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

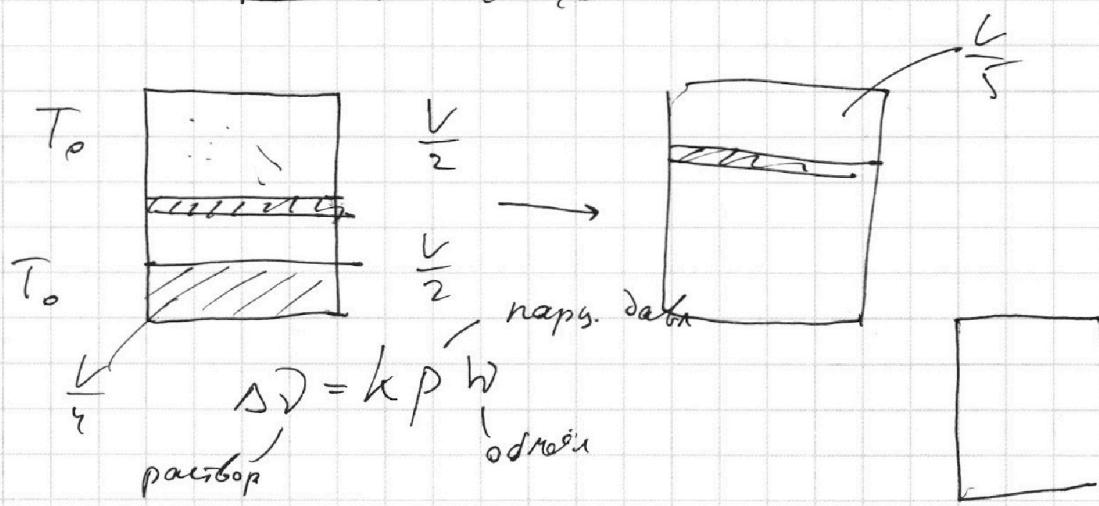
МФТИ

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



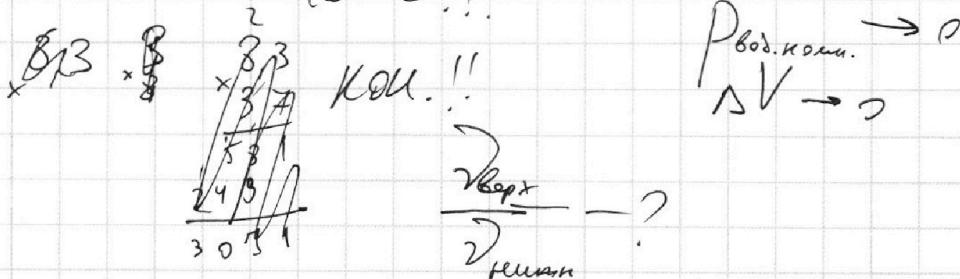
ЧЕРНОВИК $\frac{3}{2} \dots$

Решен!!!



1) Комнатная T_0 $k_{\text{Ун}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Дж} \cdot \text{м}^3}$

2) Конечн $T = 373 \text{ K}$ $\Delta V = 0$
 $100^\circ\text{C}!!!$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

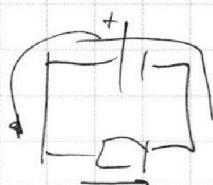
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

№ 11 При разомкнутом ключе I_L уст.

$$U - 3L I_{3s} + - I \cdot 3R = L \dot{I}_L$$



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"/> |

МФТИ

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

Задача 3

$$\frac{m v_0^2}{2} - E_2 g \frac{3}{2} d + E_1 g \frac{3}{4} d = \frac{m v'^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{3}{2} q d \cdot \frac{2V}{d} + \frac{V}{d} \cdot \frac{3}{4} q d = \frac{m v'^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - 3 V q + \frac{3}{4} V q = \frac{m v'^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{12 V q}{4} + \frac{3}{4} V q = \frac{m v'^2}{2}$$

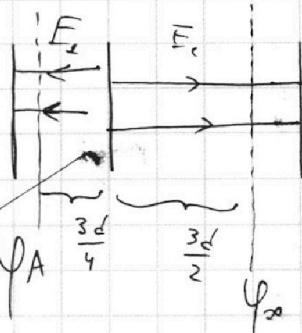
$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{9 V q}{4} = \frac{m v'^2}{2}$$

$$v' = \sqrt{v_0^2 - \frac{9 V q}{2m}}$$

Для бетона: 1) $a_s = \frac{q V}{md}$

2) $k_1 - k_2 = q V$

3) $v' = \sqrt{v_0^2 - \frac{9 V q}{2m}}$



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



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

$$1) \text{ Введём ось } O_x. ; E_1 = \frac{U_1}{d}$$

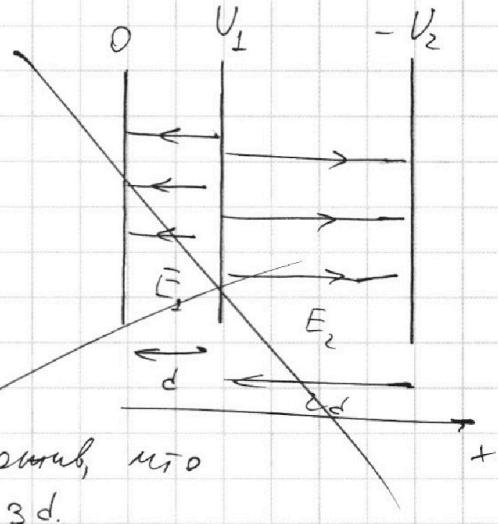
$$ma_1 = q \frac{U_1}{d} \rightarrow a_1 = \frac{qU_1}{md}$$

$$2) \text{ ЗСД: } K_1 + E_1 qd \cdot \cos 180^\circ = k_2$$

$$K_1 - k_2 = E_1 qd = \frac{U_1 qd}{d} = qV$$

Найдём точку где $V = V_{\infty}$ предполагая что
она находится между $x = d$ и $x = 3d$.

После этого оставшуюся её будем



$$E_2 = \frac{U_1 + U_2}{2d} = \frac{qV}{2d}$$

Из этой точки действует потенциал

$$-\frac{U_2}{2}$$

$$d + 8x + 4d = 12d$$

$$8x + 17d = 12d \rightarrow x = \frac{5d}{8}$$

$$U_1 - E_2(x-d) = -\frac{U_2}{2}$$

~~$$U_1 - \frac{qV}{2d}(x-d) = -\frac{U_2}{2}$$~~

~~$$U - 2U \frac{x}{d} + 2U = -2U$$~~

$$5U = 2U \frac{x}{d} \rightarrow x = \frac{5}{2}d = 2,5d$$

Мыше предположение подтверждается.

В этой форме действует такое же K , как и на
лекции неизвестно.



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

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

N.B. Введём ось Ox

$$1) E_1 d = U$$

$$E_2 \cdot 2d + E_1 d = 3U$$

$$\rightarrow E_1 = E_2 = \frac{U}{d}$$

2) Если по ходу ~~безд~~ одинарное, значит можно заменить эквивалентом с тем же полем

$$m a_1 = \frac{U}{d} \cdot q \rightarrow m a_1 = \cancel{q} \frac{U}{md} \quad | a_1 = \frac{qU}{md}$$

3) ~~если заменить на один конденсатор, то на расстоянии $x = \frac{3d}{2}$ будет~~ ~~сигнал такой же как и на баллоне~~

$$3) K_1 - K_2 = -2E q d \cdot \cos 180^\circ \quad \text{BCQ:}$$

$$K_1 - E q d = K_2 \rightarrow K_1 - K_2 = E q d = U_q$$

Заменив конденсатор на один, легко заметить, что на расстоянии $x = \frac{3d}{2}$ будет расположена бесконечно большая эллиптическая поверхность, а значит

$$\Psi\left(\frac{3d}{2}\right) = \Psi_\infty = 0$$

